

**DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS EN AMENAZA Y ESCENARIOS EN
CONDICIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN A ESCALA 1:25000 PARA LA ZONA
RURAL Y 1:5000 PARA LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE MONQUIRÁ –
BOYACÁ**

**HÉCTOR EDISON RODRIGUEZ DÍAZ
KATHERIN YOHANA SILVA CALIXTO**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
U.P.T.C.
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA
SOGAMOSO
2018**

**DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS EN AMENAZA Y ESCENARIOS EN
CONDICIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN A ESCALA 1:25000 PARA LA ZONA
RURAL Y 1:5000 PARA LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE MONQUIRÁ –
BOYACÁ**

**HÉCTOR EDISON RODRIGUEZ DÍAZ
KATHERIN YOHANA SILVA CALIXTO**

**PROYECTO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO
MODALIDAD DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Director
Ing. Esp. DIEGO ALFONSO ROMERO FARFÁN**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
U.P.T.C.
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA
SOGAMOSO
2018**

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

A Dios por ser nuestro guía y cada día llenarnos de todo su amor, sabiduría y fortaleza, y a nuestros padres y hermanos por el apoyo, el amor y la confianza que nos brindan cada día.

*En especial dedicamos esta tesis a Dios por habernos dado vitalidad por medio de su palabra:
“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece” Filipenses 4:13*

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos con mucho amor a Dios, por habernos dado su bendición y la sabiduría para culminar con éxito este proyecto de grado, y agradecemos especialmente a nuestros familiares por ser el pilar para cumplir nuestros sueños y metas propuestas, dándonos apoyo en este proceso académico, y en todas las adversidades y obstáculos presentes en nuestro camino, convirtiéndolos en momentos de reflexión, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos permiten ser mejores personas cada día, pero más que nada por su inmenso amor.

A nuestras madres por ser el epicentro de nuestra familia, por estar en el momento preciso para tendernos su mano, por ser cómplices en muchas de nuestras travesuras e incluso prestarnos su hombro para desahogarnos en llanto, por darnos su afecto, su aguante, su confianza y no dejarnos caer; a nuestros padres por ser el soporte y mostrarnos la tenacidad y audacia que se debe tener frente a las malas situaciones, haciéndonos ver las dimensiones de la vida, corrigiendo y fortaleciendo nuestros principios, demostrándonos que los sueños se cumplen siempre y cuando se luchen por ellos; a nuestros hermanos por compartir alegrías y tropiezos de los cuales salimos triunfadores y hacer que a diario se dibuje una gran sonrisa en nuestro rostro, compartiendo la ilusión de luchar y salir adelante.

Agradecemos al Ingeniero Diego Alfonso Romero Farfán, director de este proyecto de grado, por su incondicional y desinteresado respaldo, colaboración y acompañamiento; por compartir generosamente sus conocimientos y experiencias, por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud y honestidad en su profesión como docente e ingeniero; por incentivarnos para no rendirnos ante ninguna situación y enseñarnos a conocer el valor de tener una gota de sudor en la frente, por ser amigo y ejemplo a seguir, por creer en nuestro trabajo y hacernos entender que con determinación e ímpetu se pueden lograr victoriosamente nuestros anhelos y propósitos.

Agradecemos también, a todas aquellas personas que en algún momento de nuestra vida aparecieron como estrellas para iluminar nuestro camino, por las buenas experiencias y momentos inolvidables; y a aquellas personas especiales que están en el cielo y que alimentan nuestro corazón con hermosos recuerdos.

Agradecemos a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, por permitirnos hacer parte de ella y forjarnos como personas y profesionales íntegros; a nuestros maestros, gracias. Y, de igual forma a la Gobernación de Boyacá por suscribir con la UPTC este tipo de convenios que propenden por un beneficio social, económico y ambiental en la comunidad boyacense y, a su vez, permiten un enriquecimiento cognoscitivo para quienes tuvimos la fortuna de participar de él.

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	4
ANTECEDENTES.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRAC.....	8
1 OBJETIVOS.....	36
1.1 OBJETIVO GENERAL	36
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	36
2 MARCO REFERENCIAL	37
2.1 ESTADO DEL ARTE	37
2.2 METODOLOGIA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3 GENERALIDADES	42
3.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	42
3.2 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS DE BOYACÁ Y MUNICIPIO DE MONIQUIRÁ.....	43
3.3 ASPECTOS FÍSICOS DE MONIQUIRÁ.....	45
3.4 DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE MONIQUIRÁ Y SU ENTORNO	46
3.4.1 Determinación del Perímetro Urbano	48
3.4.2 Sectorización Urbana.....	49
3.4.3 Afectaciones al sistema.....	52
3.4.4 Áreas en conflicto.	53
3.4.5 Accesibilidad.....	56
3.4.6 Descripción general del sistema vial.....	57
3.5 TRABAJO DE CAMPO Y RECOLECCION DE INFORMECION PRIMARIA	59
4 COMPONENTE GEOSFÉRICO	60
4.1 GEOLOGIA.....	60
4.1.1 Litoestratigrafía.....	61
4.1.2 Geología Estructural	67
4.2 GEOMORFOLOGÍA	69
4.2.1 MORFOMETRÍA.....	71
4.2.2 Morfogénesis.....	72
4.2.3 Subunidades Geomorfológicas	73
4.3 SUELOS	77
4.3.1 Cobertura y Uso del Suelo	77
4.3.2 Conflicto de Uso	80
5 COMPONENTE GEOAMBIENTAL	86
5.1 CLIMA	86
5.2 PRECIPITACIÓN	86
5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS.....	88

3.2.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL NÚMERO DE DÍAS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN	92
5.4	CURVAS DE INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA – IDF	93
3.2.2	CÁLCULO DE CURVAS IDF POR MÉTODO SIMPLIFICADO	93
5.5	ANÁLISIS DE CAUDALES Y NIVELES	98
5.5.1	Análisis estadístico valores máximos mensuales de Caudales	99
5.5.2	Análisis Estadístico Valores Máximos Mensuales De Niveles.	102
5.6	TEMPERATURA.....	104
5.6.1	Temperatura media	104
5.6.2	Temperatura Valores Extremos	104
5.6.3	Temperatura Valores Mínimos	104
5.7	HUMEDAD RELATIVA.....	105
5.8	VIENTOS	105
5.9	COBERTURA VEGETAL.....	105
6	COMPONENTE HIDROLÓGICO.....	107
6.1	HIDROLOGÍA E HIDROGRAFÍA	107
6.1.1	Cuenca Mayor del Río Suárez	109
6.1.2	Subcuenca del Río Monquirá.....	109
6.1.3	Subcuenca del Río Pómeca.....	110
6.1.4	Subcuenca del Río Ubaza	110
6.2	SISTEMA HIDROGRÁFICO URBANO	111
6.2.1	Longitud del sistema hídrico.....	112
6.3	DENSIDAD DE DRENAJE.....	114
7	METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN SIG	115
7.1	METODOLOGÍA.....	115
7.2	INUNDACIONES ZONA RURAL	117
8	SUSCEPTIBILIDAD POR INUNDACION	118
8.1	ZONIFICACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD	118
8.1.1	Análisis de susceptibilidad de la densidad de drenajes.....	118
8.1.2	Mapa de Susceptibilidad de Inundación por Geomorfología	120
8.1.3	Mapa de Susceptibilidad de Inundación por Morfometria	120
8.1.4	Suelos.....	126
8.1.1	Cobertura y usos	131
9	AMENAZA POR INUNDACION	132
9.1	AMENAZA TOTAL	132
9.1.1	Detonante Clima (Inundación).....	132
9.2	ANÁLISIS DE LA AMENAZA RURAL Y URBANA	134
9.2.1	Amenaza Baja.	134
9.2.2	Amenaza Moderada	134
9.2.3	Amenaza Alta.....	134
9.2.1	Zonificación Por Inundación.....	136
9.3	DELIMITACION Y AREAS PARA ESTUDIOS BÁSICOS	137
10	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.	139
10.1	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	139

10.2	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES PARA EDIFICACIONES EN GENERAL	148
10.2.1	Metodología Cualitativa	148
10.2.2	Metodología Heurística	151
10.3	VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS Y LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA	152
11	COMPONENTE DE CARACTERIZACION GENERAL DE ESCENARIOS DE RIESGO	162
11.1	IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	162
11.1.1	Descripción De Situaciones De Desastre O Emergencia	163
11.1.2	Identificación De Escenarios De Riesgo Por Inundación.....	163
11.1.3	Identificación general:	165
11.1.4	Medidas De Intervención En La Mitigación Del Riesgo Por Inundación.	166
11.1.5	Medidas Estructurales Para La Reducción Del Riesgo De inundación.....	167
11.1.6	Medidas No Estructurales Para La Reducción Del Riesgo De Inundación.....	174
12	COMPONENTE ESTRATÉGICO Y PROGRAMÁTICO	183
12.1	OBJETIVOS.....	183
12.2	PROGRAMAS Y ACCIONES (MEDIDAS DE MITIGACION)	183
13	CONCLUSIONES.....	188
14	RECOMENDACIONES	190
15	BIBLIOGRAFÍA.....	191

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1.	Inundación por lluvias afecto habitantes de Moniquirá	16
FIGURA 2.	Representación Gráfica De Eventos De Inundación Reportados A La Opad, Departamento De Boyacá Periodo - Periodo 2011 – 2018	29
FIGURA 3.	Registro Fotográfico De La Inundación Presentada En El Año 2012 - Municipio De Moniquirá. ¡Error! Marcador no definido.	
FIGURA 4.	Mapa láminas de Agua	38
FIGURA 5.	Mapa Zonas de Inundación en Colombia	38
FIGURA 6.	Inundación en Mocoa el 4 de abril de 2017	40
FIGURA 7.	Localización del área de estudio	42
FIGURA 8.	Mapa orografía municipio de Moniquirá	58
FIGURA 9.	Mapa Geologico Moniquira	68
FIGURA 10.	Mapa Geomorfología	70
FIGURA 11.	Mapa de Pendientes Moniquirá	71
FIGURA 12.	Mapa Suelos Moniquira	82
FIGURA 13.	Climograma	86
FIGURA 14.	Ubicación espacial estación Meteorológica	87
FIGURA 15.	Histograma de frecuencia - valores máximos mensuales en 24 horas	90
FIGURA 16.	Histograma de valores máximos precipitación mensual (24h) multianual	91
FIGURA 17.	Número de días mensuales de precipitación	92
FIGURA 18.	Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d	94
FIGURA 19.	Curva IDF	97
FIGURA 20.	Ubicación espacial de la estación Hidrológica.....	98
FIGURA 21.	Valores máximos mensuales de caudales.	101
FIGURA 22.	Valores máximos mensuales de caudales	103
FIGURA 23.	Diagrama de temperatura de temperatura	104
FIGURA 24.	Porcentaje por área de Cobertura vegetal Municipio de Moniquirá MAPA NUEVO	106
FIGURA 25.	Mapa Subcuencas Municipio de Moniquira.....	113
FIGURA 26.	Metodología IGAC, para la Zonificación de Susceptibilidad por Inundación ¡Error! Marcador no definido.	
FIGURA 27.	Metodología para la Zonificación de Amenaza por Inundación Decreto 1807 de 2014, Capítulo 1, Artículo 9.	117
FIGURA 28.	Metodología para la Zonificación de Amenaza por Inundación Zona Rural Escala 1:25000..... Fuente: Modificado (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2014)	117 ¡Error! Marcador no definido.
FIGURA 29.	Mapa de susceptibilidad de densidad de drenajes	118
FIGURA 30.	susceptibilidad de la Longitud del cauce principal	119
FIGURA 31.	Mapa de Susceptibilidad de Inundación por Hidrología	119
FIGURA 32.	Parámetros evaluados por morfometría para susceptibilidad por inundación.	120
FIGURA 33.	Mapa de Susceptibilidad de inundación por pendientes	121
FIGURA 34.	Mapa Susceptibilidad de inundación por Acuenca	122
FIGURA 35.	Mapa de Susceptibilidad de inundación por Morfometria	123
FIGURA 36.	Mapa de susceptibilidad de inundación por morfogénesis.....	124
FIGURA 37.	Mapa de susceptibilidad geomorfológica por inundación.....	125
FIGURA 38.	Mapa de Susceptibilidad Textura.....	127
FIGURA 39.	Mapa de susceptibilidad de suelos por inundaciones.....	130
FIGURA 40.	Mapa de susceptibilidad de inundación por cobertura y usos.	131
FIGURA 41.	Secuencia metodológica para la determinación de amenaza total por Inundaciones	132
FIGURA 42.	Mapa Susceptibilidad por detonante clima	133
FIGURA 43.	Amenaza Total de la Inundación	133
FIGURA 44.	Mapa de zonificación de amenazas para Inundación	135

FIGURA 45.	Distribución espacial de la amenaza por Inundación.	136
FIGURA 46.	Análisis De Cubiertas De Viviendas.....	148
FIGURA 47.	Análisis De Muros De Viviendas.....	149
FIGURA 48.	Análisis De acceso a Viviendas	149
FIGURA 49.	Análisis De Estado General de Viviendas	150
FIGURA 50.	Resultados Obtenidos Del Análisis De Nivel De Vulnerabilidad Para Viviendas En General	150
FIGURA 51.	Puntos De Control De Trabajo De Campo Área Urbana	160

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1.	SÍNTESIS ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ PERIODO - PERIODO 2011 – 2018.....	17
TABLA 2.	RESUMEN ESTADÍSTICO EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.....	26
TABLA 3.	Daño económico, afectados y muertos en 2010 y 2011 por inundaciones en Colombia	39
TABLA 4.	Topografía.....	¡Error! Marcador no definido.
TABLA 5.	Porcentaje de viviendas municipio de Moniquirá	48
TABLA 6.	Sectores urbanos.	50
TABLA 7.	Afectaciones al sistema hídrico	54
TABLA 8.	Rangos de pendientes para estudios geomorfológicos, propuesto por Carvajal (2008).	71
TABLA 9.	Ambientes y subunidades geomorfológicas municipio de Moniquirá.	73
TABLA 10.	Grados De Conflicto Por Usos Del Suelo.	83
TABLA 11.	Descripción de Áreas en Conflicto Por Uso del Suelo (Ha)	84
TABLA 12.	Datos estaciones IDEAM.....	87
TABLA 13.	Valores máximos mensuales de precipitación en 24 hr.	88
TABLA 14.	Análisis estadístico valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas	89
TABLA 15.	Cálculo del histograma de frecuencia - valores máximos mensuales en 24 horas.	90
	Tabla 9.....	91
TABLA 16.	Número de días mensuales de precipitación multianual	92
TABLA 17.	Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad-duración- frecuencia, IDF, para Colombia	95
TABLA 18.	Precipitación máxima anual histórica en 24 Horas	96
TABLA 19.	Datos de construcción Curva IDF	97
TABLA 20.	Datos estaciones IDEAM.....	98
TABLA 21.	Valores máximos mensuales de Caudales.....	99
TABLA 22.	Valores máximos mensuales de Niveles	102
TABLA 23.	Jerarquización hidrográfica municipio de Moniquirá.	107
TABLA 24.	Longitud del sistema hídrico.....	112
TABLA 25.	Densidad de drenaje cauces principales.	114
TABLA 26.	Valores de la densidad de drenaje	118
TABLA 27.	Clasificación de susceptibilidad de inundaciones por pendiente	120
TABLA 28.	Clasificación por tipo de Relieve	123
TABLA 29.	Calificación de susceptibilidad de fenómenos de inundación por textura del municipio de Moniquirá.	126
TABLA 30.	Calificación de susceptibilidad de fenómenos de inundación por drenaje natural en el municipio de Moniquirá	128
TABLA 31.	Análisis de la Amenaza.....	135
TABLA 32.	Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	139
TABLA 33.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	140
TABLA 34.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	141
TABLA 35.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	141
TABLA 36.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	142
TABLA 37.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	142

TABLA 38.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	143
TABLA 39.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	143
TABLA 40.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	144
TABLA 41.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	144
TABLA 42.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	145
TABLA 43.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	145
TABLA 44.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	146
TABLA 45.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	146
TABLA 46.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	147
TABLA 47.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Edificaciones En General	147
TABLA 48.	Metodología Cualitativa: Variables E Indicadores Críticos Ante Inundaciones.	148
TABLA 49.	Metodología Heurística: Ponderación Y Valoración De Variables De Vulnerabilidad De Las Edificaciones Ante Inundaciones.....	151
TABLA 50.	Metodología Heurística:Niveles De Vulnerabilidad De Las Edificaciones Ante Inundaciones	151
TABLA 51.	Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Los Servicios De Atención De Emergencias.	152
TABLA 52.	Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Los Lugares De Concentración Pública: Otros Equipamientos	152
TABLA 53.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Los Lugares De Concentración Pública.....	153
TABLA 54.	Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Los Lugares De Concentración Pública: Instituciones Educativas.	156
TABLA 55.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Evaluación De Las Características Físicas De Los Lugares De Concentración Pública: Instituciones Educativas.....	156
TABLA 56.	Metodología Heurística:Ponderación Y Valoración De Variables De Vulnerabilidad Estructural De Los Servicios De Atención De Emergencias Instituciones Educativas.Y Lugares De Concentración Pública Ante Inundaciones	157
TABLA 57.	Metodología Heurística:Niveles De Vulnerabilidad Estructural De Los Servicios De Atención De Emergencia Y Lugares De Concentración Pública Ante Inundaciones	157
TABLA 58.	Matriz De Calificación De Los Niveles De Vulnerabilidad Estructural Ante Inundaciones De Los Servicios De Atención De Emergencias Y Lugares De Concentración Pública.	157
TABLA 59.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Calificación De Los Niveles De Vulnerabilidad Estructural Ante Inundaciones De Instituciones Educativas.	158
TABLA 60.	Resultados De La Aplicación A La Matriz De Calificación De Los Niveles De Vulnerabilidad Estructural Ante Inundaciones De Instituciones Educativas.	159
TABLA 61.	Situaciones De Desastre O Emergencia	163
TABLA 62.	Medidas de reducción de la amenaza:.....	183

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1.** ANALIS DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL
- ANEXO 2.** MAPA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN Esc 1:25000
- ANEXO 3.** MAPA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN Esc 1:5000
- ANEXO 4.** MAPA GEOLÓGICO Esc: 1:25000
- ANEXO 5.** MAPA GEOMORFOLÓGICO Esc: 1:25000
- ANEXO 6.** MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR INUNDACIÓN Esc: 1:25000
- ANEXO 7.** EVIDENCIA FOTOGRÁFICA TERRESTRE

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas (IDEAM)

En los últimos años, las inundaciones que se presentaron en 28 departamentos del país, afectaron más de un millón de hectáreas y aproximadamente a un millón de personas, convirtiéndose en una de las amenazas naturales más generalizadas en todo el territorio (OPS, 2010).

Colombia, gracias a la Ley 1523 de 2012 y por ende con la formulación e implementación de su Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, ha venido desempeñando un papel trascendental, en el conocimiento, reducción y manejo de eventos amenazantes. El Decreto 1807 del 19 septiembre de 2014, en su Artículo 9. Estudios básicos de amenaza de inundación, enfatiza sobre la temática de parámetros geoambientales, técnicos y sistemáticos; así como de los productos a obtener, en el estudio, delimitación y zonificación de amenazas por inundación, desbordes, encharcamientos y la definición de escenarios en condición de riesgos.

En el análisis de amenazas por inundación y escenarios en condición de riesgo, se debe considerar los casos en los que existan precedentes de mecanismos generadores de inundaciones tales como encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas, encharcamiento por deficiencia de drenaje, inundaciones costeras, entre otros; a fin de poder ser incorporado de manera gradual, en el ajuste de los contenidos de mediano y largo plazo inherentes al Plan de Ordenamiento Territorial (Decreto 1807, 2014)

Con base en la Línea Base Ambiental de 2001, establecida por el IDEAM, Boyacá presentó un índice de afectación de zonas inundables periódicamente en un área de aproximadamente 2.944 ha, en 34 municipios, con influencia de algo más de 21.000 ha representadas en cuerpos de agua.

De acuerdo con la Unidad Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres de Boyacá, las situaciones de afectación por inundación, reflejan que para el 2011 se tuvo 92 emergencias, 2012 - 18, 2013 - 21, 2014 - 10, 2015 - 7, 2016 - 26, 2017 - 51, y en el transcurso del presente año 22. De ésta información estadística, para Moniquirá se destaca que para el 2011 se atendieron 4 situaciones, 2012 - 1, 2014 - 1, 2017 - 2.

Históricamente para Moniquirá, se destaca la emergencia suscitada por el desborde del caudal del Río Moniquirá el 19 de abril de 2011, que traspasara las barreras urbanas perimetrales causando cuantiosas pérdidas en materiales, enseres y, viviendas. De igual forma, la inundación ocurrida el 22 de abril del 2012 por el Río Moniquirá y su desborde, afectando 9 barrios, algo más de 50 viviendas y 380 familias damnificadas. Y, recientemente la inundación sucedida en

Mayo del año 2016 por la creciente que presentó el río Moniquirá, y el desborde de la quebrada La Sarabia, sector Colinas Bajo, el día 21 de Octubre del 2016. MEDIOS PERIODÍSTICOS ESCRITOS Y UDGRD.

Con base en lo anterior, y dada la situación de amenaza y por ende, los escenarios en condición de riesgo a los que está expuesto el Municipio de Moniquirá y en especial los habitantes en el casco urbano, de acuerdo con el objeto contractual del Convenio Interadministrativo N°1030 de 2017 entre la Gobernación de Boyacá y la UPTC, los autores como integrantes del grupo interdisciplinario de profesionales participantes en el desarrollo del proyecto en mención; consideraron importante, adelantar la Delimitación y Zonificación de áreas en Amenaza y Escenarios en condición de Riesgo por Inundación a escala 1:25000 para la zona rural y 1:5000 para la zona urbana del municipio de Moniquirá – Boyacá; a fin de obtener un documento técnico que ofrezca a los tomadores de decisiones, el conocimiento necesario para mitigar, definir acciones correctivas y actuar oportunamente ante este fenómeno amenazante y salvaguardar vidas y bienes de infraestructura.

Los alcances de este proyecto de grado, permitieron la aplicación de diversas guías y metodologías formuladas por instituciones y entes gubernamentales de reconocida gestión técnica y tecnológica nacional y mundial (IDEAM) (IGAC), (Olga Lozano Cortijo), (Minambiente, 2013) (Universidad Politecnica de valencia), (GESIG, 2011), estimadas bajo estándares técnicos y tecnológicos de relevante actualidad y fundamentadas en el aprendizaje de experiencias pasadas. De igual forma, se obtuvo como resultado el cumplimiento del primer pilar en Gestión del Riesgo de Desastres “el conocimiento”, para continuar con el proceso de reducción, mitigación y actuación; contenidos en la Ley 1523 de 2012 por la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, y sus decretos desprendidos de ésta.

Este proyecto pretende convertirse en la herramienta técnica y cognoscitiva, que en su momento pueda llegar a ser requerida por el municipio de Moniquirá y sus entes administrativos, para la definición de medidas de actuación correctivas frente a los eventos de inundación, para la salvaguarda de vidas y, la formulación y ejecución de proyectos; entre otros.

En su contenido, se elaboró el mapa de delimitación y zonificación de amenazas y escenarios en condición de riesgo por inundación, formulación de las medidas de mitigación de carácter estructural y no estructural, la socialización con la comunidad en general, de los productos obtenidos, la concientización en el imaginario de los residentes en el municipio respecto a la amenaza y riesgo al que por inundación están expuestos.

Finalmente y aplicando los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera de Ingeniería Geológica, los autores, definieron los componentes geoesféricos inherentes al municipio, considerando su sistema funcional, administrativo, social, económico, ambiental y fisiográfico; para al mismo tiempo y mediante la aplicación de un Sistema de Información Geográfica SIG – ArcGis v10.3; elaborar los mapas temáticos, su lectura e interpretación para la estructuración de la memoria técnica y demás documentos inherentes a los objetivos formulados en el presente estudio.

ANTECEDENTES

Las inundaciones causadas por las lluvias y desbordamiento de los ríos o cursos de agua, son una problemática persistente durante los periodos de grandes precipitaciones. Sin embargo, este fenómeno que causa grandes pérdidas en la infraestructura de las viviendas, cultivos, sistemas de generación de energía, carreteras e inclusive vidas humanas; no había sido tema de priorización para estudios puntuales, hasta hace unos años, en particular cuando se manifestó en el país, la gran temporada invernal conocida como el fenómeno de La Niña, catalogado como el más fuerte de toda la historia de Colombia y, que sin duda, revolucionó la actuación de los diversos entes gubernamentales frente a la Gestión del Riesgo de Desastres.

De acuerdo con el Reporte Final de Áreas Afectadas por Inundaciones (IGAC, IDEAM y DANE, 2010 – 2011), la variabilidad climática interanual en una región, corresponde a las variaciones que se presentan en las variables climatológicas año tras año y, que podría estar relacionada con alteraciones en el balance global de radiación solar. Un ejemplo típico de la variabilidad climática interanual en Colombia, corresponde a los fenómenos enmarcados dentro del ciclo El Niño - La Niña - Oscilación del Sur. Que si bien, no se puede definir una periodicidad para la ocurrencia de estos fenómenos, se ha evidenciado que durante las últimas décadas, la ocurrencia ha sido más frecuente.

La Niña consiste en el enfriamiento por debajo de lo normal de las aguas del océano Pacífico tropical y provoca un cambio en el patrón de comportamiento de los vientos y por ende, en el patrón de comportamiento de las lluvias, con un incremento de éstas sobre las regiones Caribe y Andina en el territorio colombiano.

El fenómeno “La Niña” inició su proceso de formación tempranamente desde el mes de junio de 2010, cuando las temperaturas del Océano Pacífico Tropical, empezaron a enfriarse rápidamente, alcanzando anomalías negativas, inferiores a -0.5°C . “La Niña” se fortaleció alcanzando su etapa de madurez, durante el trimestre (noviembre - diciembre de 2010 - enero de 2011), alcanzando categoría Fuerte; periodo en el que se presentaron episodios fuertes de lluvia generando inundaciones, crecientes súbitas y deslizamientos de tierra, lo que produjo a su vez, una significativa crisis económica y social en el país.

Es importante señalar, que cada evento “La Niña” es diferente y que su repercusión en el clima nacional, no solo está dada por la intensidad del mismo, sino también, por la interacción que pueda presentar con otro tipo de fenómenos océano-atmosféricos presentes en el Atlántico y más específicamente en el mar Caribe.

El municipio de Moniquirá no estuvo exento de esta situación, históricamente se destaca la emergencia suscitada por el desborde del caudal del Río Moniquirá el 19 de abril de 2011, que traspasara las barreras urbanas perimetrales causando cuantiosas pérdidas en materiales, enseres y, viviendas. De igual forma, la inundación ocurrida el 22 de abril del 2012 por el Río Moniquirá y su desborde, afectando 9 barrios, algo más de 50 viviendas y 380 familias damnificadas. Y, recientemente la inundación sucedida en Mayo del año 2016 por la creciente que presentó el río Moniquirá, y el desborde de la quebrada La Sarabia, sector Colinas Bajo, el día 21 de Octubre del 2016.

FIGURA 1. Inundación por lluvias afecto habitantes de Moniquirá



Fuente: Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Moniquirá

6 adultos y 10 menores de edad resultaron damnificados en el municipio de Moniquirá, debido a inundaciones que se presentaron por torrenciales aguaceros que han caído sobre la Ciudad Dulce de Colombia en los últimos días y horas.

Estas personas fueron acogidas por las familias vecinas del sector, en casas ubicadas en la parte alta que no ofrecen riesgo.

La afectación se presentó en el Barrio Colinas Bajo. La Inundación se presenta No por desbordamiento de río sino por colapso del sistema de alcantarillado.

La situación fue atendida por el cuerpo de Bomberos Voluntarios de Moniquirá con 4 Unidades y una Máquina. Entidad Comandada por la Teniente Gloria Wilches.

Esta mañana se retoman labores de socorro y mejoramiento de las condiciones del lugar, con ayuda de la administración que lidera el alcalde, Ingeniero Ancisar Parra. (BOYACARADIO.COM)

TABLA 1. Síntesis estadística de eventos de inundación reportados a la OPAD,
Departamento de Boyacá; periodo 2011 – 2018.

SÍNTESIS ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ PERIODO - PERIODO 2011 – 2018		
FECHA EVENTO	MUNICIPIO	VEREDA - SECTOR
14/01/2011	MONQUIRÁ	NO ESPECIFICA
15/02/2011	OTANCHE	NAZARET-SAMPABLAL- CARTAGENA-EL MIRADOR- CHAQUIPAY-PALENQUE- LOS BANCOS-LA FLORIDA- ALTOZANO-TAPAZ DEL QUIPE-PIZARRA BLANCO- PIZARRA BOLIVAR-MAMCA- CORTADERAL-BUENOSAIRE- CUCHALITA-BETANIA- LA LAGUNA-BUZAL-EL ENCANTO
22/02/2011	CHITA	VICHACUCA-CHIPALTO- CHIPA CENTRO-DIMIZA-CUCO MORAL-MORTIÑAL- CANOAS- CHIPAL BETEL-QUICHOVA- PLAYA-TOBAL- PARROQUITA- LA CAL-CANOAS-LAURERAL- QUINDEVA-
25/02/2011	TINJACÁ	PUNTO VERDE
07/03/2011	MIRAFLORES	BARRIO SAN ANTONIO-EL COGOLLO-EL OCOBO-SAN NICOLAS-MATADERO- SANTABARBARA-PROGRESO- LA PRIMAVERA-LAS BRISAS- VDA. AYATA-LADERAS- MIRAFLORES-GUAMAL- CHAPACIA-TUNJITA-BUENOS AIRES
22/03/2011	TUNJA	VARIOS
09/04/2011	BRICEÑO	BETANIA, CAMPOGRANDE, TABOR,TARPEYA, BUENAVISTA, SANTA ISABEL, MINACHAL, MORAY, YOPOS
12/04/2011	TUNJA	VARIOS
13/04/2011	NOBSA	RIVERA IZQUIERDA RIO CHICAMOGA
13/04/2011	TUTA	VDA SAN ANTONIO
13/04/2011	SABOYÁ	GARAVITO
14/04/2011	DUITAMA	SAN LORENZO ABAJO, HIGUERAS, TOCOGUA, SAN ANTONIO NORTE, AGUATENDIDA
14/04/2011	SABOYÁ	MERCHAN, LAJITA, TIBISTA, PIRE, VINCULO, RESGUARDO, PUENTE TIERRA, MATA DE MORA, MOLINO, MONTE LUZ, ESCOBAL, GARAVITO,
16/04/2011	SAN MIGUEL DE SEMA	HATO VIEJO, FATIMA, QUINTOQUE, ,SIRIGAY, PEÑA BLANCA, SABANECA, SAN ISIDRO, PEÑA BLANCA, QUINTOQUE,
17/04/2011	PAIPA	AEROPUERTO
18/04/2011	COVARACHÍA	SATOVA ABAJO
18/04/2011	EL ESPINO	TOBAL
18/04/2011	MONQUIRÁ	11 BARRIOS
18/04/2011	SUTAMARCHAN	VIA TINJACÁ
18/04/2011	PUERTO BOYACÁ	PTO ROMERO, ISLAS, PTO SERVIEZ, 12 BR DEL CASCO

SÍNTESIS ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ PERIODO - PERIODO 2011 – 2018		
FECHA EVENTO	MUNICIPIO	VEREDA - SECTOR
		URBANO
18/04/2011	RÁQUIRA	SAN CAYETANO, QUICAGOTA
18/04/2011	COVARACHÍA	EL CARMEN
18/04/2011	COVARACHÍA	SATOVA ABAJO
19/04/2011	ARCABUCO	VIA MONIQUIRÁ
19/04/2011	MONIQUIRÁ	UADITA, PORTALES DEL RIO, AURORA, BALCONES DE LA RIVIERA, COLINAS BAJO, PALMAR, PINARES DEL RIO, CHAPINERO, CHAPINERO, VILLA DEL RIO, VARIANTE CON CRA 6, FLORESTA
19/04/2011	SOGAMOSO	VANEGAS- VENECIA-VILLITA SECTRO EL ESPINO-SIATAME CERRITO-ALCAPARRAL- PLAYITA-JUANITO-BARRIO ACACIAS-SUCRE-FUNDESUR
19/04/2011	TIBASOSA	CRUZ DE JARRO- PROVIDENCIA-SUESCUN
19/04/2011	TUTA	VARIAS
19/04/2011	DUITAMA	PTE AREPAS
19/04/2011	TINJACÁ	VIA SUTAMARCHAN
20/04/2011	IZA	SAUZALIN, AGUA CALIENTE
20/04/2011	TUNJA	14 BARRIOS - VEDA TRAS DEL ALTO
20/04/2011	SORA	VEREDA EL LLANO, CAS BLANCA, QUEBRADA HONDA, PITA, CHONE
21/04/2011	MUZO	LAGUNA ROSITAS
22/04/2011	SABOYÁ	TIBISTA
22 04 2011	CIÉNEGA	SECTORES ADYACENTES AL RÍO MANZANO
22 04 2011	JENESANO	SECTORES ADYACENTES AL RÍO JENESANO
23 04 2011	PAIPA	CASCO URBANO - BARRIOS
23 04 2011	DUITAMA	LA GRUTA
23 04 2011	TINJACÁ	VARIOS SECTORES
23 04 2011	CUITIVA	VARIOS SECTORES
23 04 2011	IZA	VARIOS SECTORES
23 04 2011	NOBSA	VARIOS SECTORES
23 04 2011	SOGAMOSO	VEREDA CARTAGENA 3 BARRIOS CERCANOS AFECTADOS
23 04 2011	TÓPAGA	CENTRO, VADOP CASTRO, JUDAS TADEO, ATRAVIEZA, ESPERANZA
23 04 2011	TOTA	VARIOS SECTORES
23 04 2011	FIRAVITOBA	ALCAPARRAL, GOTUA, CARTAGENA, CALAVEINAS, TINTAL, MONJAS, SAN CARLOS
23 04 2011	TIBASOSA	VARIOS SECTORES

SÍNTESIS ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ PERIODO - PERIODO 2011 – 2018		
FECHA EVENTO	MUNICIPIO	VEREDA - SECTOR
23/04/2011	TUNJA	25 BARRIOS
23/04/2011	SOTAQUIRÁ	CHITAL-ALISO-BOSIGAS, RIO DE PIEDRAS-SIDERURGICA- MAGUNCIA-REFORMA- MANZANO-POLLOS-EL DORADO-CARRIZAL-SALITRE
24/04/2011	CUBARÁ	RIVERA RIO RÓYOTA, QUEBRADA LA CLARITA, CEDEÑO, GIBRLATAR, BRS JARDIN, SAN RAFAEL, BRISAS, LA BARROSA, LA PISTA
25/04/2011	CUBARÁ	QUEBRADA LA COLONIA
25/04/2011	CUBARÁ	BR EL JARDIN
25/04/2011	CUBARÁ	BR SAN RAFAEL
25/04/2011	CUBARÁ	GUAMA, GAITANA
25/04/2011	CUBARÁ	ROYOTA
	GUACAMAYAS	CAMPOHERMOSO
25/04/2011	GUACAMAYAS	LA LAGUNA
25 04 2011	SAN PABLO DE BORBUR	COSCUEZ SECTOR SILENCIO-
26/04/2011	NOBSA	NAZARET-CHAMEZA-BONZA- UNCUENGA-CALERAS-CENTRO
26/04/2011	RAQUIRA	RESGUARDO-TAPIAS-SAN CAYETANO-CHINGUICHANGA- QUICAGOTA-PUEBLO VIEJO-CANDELARIAFIRITA PEÑA ABAJO-
26/04/2011	CHIQUEQUIRÁ	SUCRE OCCIDENTAL-LA MESA-BALSA ARRIBA-CORDOBA-RESGUARDO- CORDOBA-HATO DE SUSATIERRA DE PAEZ
26/04/2011	PAIPA	MIRABAL-LLANO GRANDE- DELICIAS-SATIVALOS-VILLA PANORAMA-VOLCAN-RIO ARRIBA PT-QUEBRADA HONDA-CAÑOS-ROSAL- PASTOREROS-BONZA- SALITRE-TOIBA-CHITAL- MEDIOS-LA PLAYA-TUNAL- ROMITA-PANTANO DE VARGAS-VARGUITAS-
26/04/2011	NUEVO COLÓN	TEJAR BAJO, CENTRO RURAL, CARBONERA, PAVAQUIRA, UVO, POTREROS, UVO, LLANO GRANDE, ALFARAS, APOSENTOS
28/04/2011	MONIQUIRÁ	COLINAS ABAJO, CHAPINERO, GUADALAJARA, PISCINA MUNICIPAL, PRIMAVERA, AV JAIME CASTRO, EL PALMAR, PORTALES DEL RIO, AURORA, LA UADITA, FLORESTA, VDA POTRERO GRANDE, VDA CORALINA,
01/05/2011	DUITAMA	SURBA, BONZA, SAN LORENZO ABAJO, SAN LORENZO ARRIBA, BECERRAS, SAN ANTONIO NORTE, SIRATÁ, 11 DE3 MAYO, LIBERTADOR, SANTANDER, SIRATÁ, COLOMBIA, EL PROGRESO, EL VATICANO, SOLANO, CENTRO, LA PERLA, LA ESPERANZA.
02/05/2011	IZA	RIO IZA

SÍNTESIS ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ PERIODO - PERIODO 2011 – 2018		
FECHA EVENTO	MUNICIPIO	VEREDA - SECTOR
05/05/2011	BERBEO	BOMBITA, BATATAL, MEDIOS, SAN FERNANDO,
10/05/2011	FIRAVITOBA	CARTAGENA, MAMBITA LLANO, MONJAS, CALAVERNAS, TINTAS
14/05/2011	TIBANÁ	LA LAJA, CHIGUATÁ, QUICHATOQUE, PIE DE PEÑA, MÓMBITA, BAYETA, SALITRE, SUPANECA ABAJO,
23/05/2011	TOCA	VDA TUANCA ABAJO , FINCA LATIN BLOOMS
25/05/2011	NUEVO COLÓN	TEJAR BAJO, CENTRO RURAL, CARBONERA, PAVAQUIRA, UVO, POTREROS, UVO, LLANO GRANDE, ALFARAS, APOSENTOS
03/06/2011	CHINAVITA	CASCO URBANO, SICHA, CENTRO, CUPAVITA, CENTRO ARRIBA, MONTEJO,
04/06/2011	SAN MIGUEL DE SEMA	SABANCA, QUINTOQUE, SABANCA, PEÑA BLANCA, SIRIGAY, HATO VIEJO
21/06/2011	SOGAMOSO	EL RECUERDO, SANTA BARBARA, ALCAPARRAL, LAS ACACIAS, SIATAME, VANEGAS, MANGA, TAMARINDO, MAROMA
19/07/2011	CHIQUEQUIRÁ	SUCRE OCCIDENTAL-LA MESA-BALSA ARRIBA- CORDOBA-RESGUARDO- CORDOBA-HATO DE SUS- TIERRA DE PAEZ
27/07/2011	EL COCUY	CARRIZALITO, CENTRO, ISLETA, LLANO GRANDE, AGUA BLANCA, PRIMAVERA, PALCHACUAL, CAÑAVERAL,UPAL, MORTIÑO
01/08/2011	TIBANÁ	BATAN, BAYETA, PIEDRA DE CANDELA, SAN JOSÉ, CARARE, MÓMBITA
08/08/2011	TURMEQUÉ	TEGUANEQUE, RINCHOQUE, VOLCAN BLANCO, GUANZAQUE, ROSARIOS, CHIRATÁ, JARAQUIRA, JOYAGUA, CENTRO
18/08/2011	SAN EDUARDO	CARDOZO, ALEJANDRIA,LA LIBERTAD, VILLANUEVA
16/10/2011	AQUITANIA	QUEBRADA LOS POZOS, HATO LAGUNA
16/10/2011	SOGAMOSO	MONQUIRÁ
23/10/2011	MIRAFLORES	CASCO URBANO
14/11/2011	GUAYATÁ	TENCUA, SAN CAYETANO, LA PEÑA
17/11/2011	SAN MIGUEL DE SEMA	VÍA CHIQUEQUIRÁ
18/11/2011	GARAGOA	CASCO URBANO
21/11/2011	DUITAMA	VDAS SAN ANTONIO SUR, SAN ANOTONIO NORTE, SANTA LUCIA, LA PRADERA, SAN LORENZO ABAJO, , TOCOGUA, AGUATENDIDA , BARRIOS COLOMBIA, SANTANDER, MANZANARES, SOLANO, VATICANO, SAN VICENTE, LA PAZ, SAN JUAN BOSCO, SALESIANO, CARGUA, SAN JOSE ALTO, LA PERLA, LA ESPERANZA,
24/11/2011	GARAGOA	CASCO URBANO, RESGUARDO ABAJO, QUIGUA ABAJO
27/11/2011	SAN MIGUEL DE	SIRIGAY

SÍNTESIS ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ PERIODO - PERIODO 2011 – 2018		
FECHA EVENTO	MUNICIPIO	VEREDA - SECTOR
	SEMA	
16/12/2011	VILLA DE LEYVA	SALTO Y LAVANDERA
19/12/2011	SUTAMARCHAN	PUNTA DEL LLANO
	SAN MIGUEL DE SEMA	SABANECA, QUINTOQUE, SABANECA, PEÑA BLANCA, SIRIGAY, HATO VIEJO
TOTAL 2011		92
03/01/2012	TUNJA	ALTOS DE CAPITOLIO
29/01/2012	DUITAMA	CLL 10 CRA 23
29/01/2012	DUITAMA	CLL 20 CRA 16
12/04/2012	TOCA	VIA A PAIPA, LEONERA, SAN FCO, CENTRO ABAJO, CHORRERA, CUNUCÁ, RAIBA, VILLANA, BR SAN CARLOS - EL MIRADOR
13/04/2012	FIRAVITOBA	ALCAPARRAL, GOTUA, MONJAS, CARTAGENA, CASCO URBANO, MOMBITA LLANO, TINTAL, VICTORIA, DIRAVITA
18/04/2012	MONQUIRÁ	6 BARRIOS, VDAS TAPIAS, SAN ANTONIO, JORDAN, OTRERO GRANDE, JORDAN, AJIZAL, LA LAJA, HOYA, CORALINA
19/04/2012	SAN EDUARDO	SAN PABLO, CARDOZO
21/04/2012	LA UVITA	PARTE ALTA QUEBRADA NEGRA, CASCO URBANO, CARBONERA, SAN BERNARDO, CENTRO, CUSAGÜI, CAÑITAS, EL CARMEN, SAN IGNACIO, HATICO,
21/04/2012	TUNJA	13 BARRIOS, UPTC
22/04/2012	SOGAMOSO	QUEBRADAS MONQUIRA, VENECIA, RIO CHIQUITO, BR LA ISLA, CALLE 28, CRA 1, LA PLAYA, SIATAME, ALTAMIZAR, BR SUCRE, FUNDECENTRO, QUEBRADA HONDA, VDA HATILLO, PIEDECUESTA
22/04/2012	TENZA	CORA, CHIQUITO, RUCHA, MUTATEA
23/04/2012	PAIPA	EL BOSQUE, SAN LUIS, VILLA JARDIN, VILLA PANORAMA, BALCONES DE SAN LUIS, ALAMEDA, VARGUITAS, CAÑOS, ROMITA, LA ESPERANZA, MIRABAL, CRUZ DE BONZA, TOIBITA ABAJO
24/04/2012	SANTA MARÍA	HOYA GRANDE, VARA SANTA, CAÑO CANGREJO, BRS COLOMBIA, PROGRESO, CUNDINAMARCA, LIBERTAD
25/04/2012	COVARACHÍA	TAPIAS, EL CARMEN, LA PALMERA, SANTUARIO SANTO CRISTO
26/04/2012	VILLA DE LEYVA	MONQUIRÁ, SALTO, LAVANDERA, LLANO DE ARBOL, CAÑUELA
27/04/2012	BRICEÑO	QUEBRADAS GUAYABAL, ZAPOTE. BETANIA
27/04/2012	RÁQUIRA	ROCHELA, QUICAGOTA, ROA, TAPIAS, CASABLANCA, GACHANECA, CANDELARIA,

SÍNTESIS ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ PERIODO - PERIODO 2011 – 2018		
FECHA EVENTO	MUNICIPIO	VEREDA - SECTOR
04/05/2012	CUBARÁ	BOJABÁ, GAITANA, CEDEÑO, FATIMA, PUERTO NUEVO
TOTAL 2012		18
05/02/2013	DUITAMA	BR SAN FDO
28/02/2013	PUERTO BOYACÁ	JAIR CORREA BAJO, PTO SERVIEZ
15/03/2013	DUITAMA	LA MILAGROSA
25/04/2013	DUITAMA	BR EL CARMEN
29/04/2013	DUITAMA	ESE SALUD TUNDAMA
30/04/2013	DUITAMA	CALLE 22 NO. 40 - 121
30/04/2013	DUITAMA	BR SIMON BOLIVAR
02/05/2013	DUITAMA	CONJUNTO MIRADOR DE LA ESPERANZA
02/05/2013	DUITAMA	BR EL PROGRESO
02/05/2013	DUITAMA	VDA TOCOGUA
04/05/2013	DUITAMA	BR EL PROGRESO
11/05/2013	DUITAMA	URB SANTA LUCIA
11/07/2013	DUITAMA	ENTRADA AL FRIGORÍFICO MUNICIPAL
15/07/2013	CUBARÁ	VIA LA SOBERANÍA
15/07/2013	AQUITANIA	CUATRO ESQUINAS
04/08/2013	DUITAMA	BR JUAN BOSCO
10/08/2013	TIBANÁ	CASCO URBANO
04/10/2013	SANTA MARIA	QUEBRADAS CAÑO CANGREJO Y CAÑO GEMA
16/10/2013	PUERTO BOYACÁ	KM 11, KM 2 1/2, , KM 1 1/2, PUERTO NIÑO
18/11/2013	PUERTO BOYACÁ	PUERTO ORMERO
28/11/2013	SOCHA	LA VEGA
TOTAL 2013		21
05/01/2014	DUITAMA	CRA 15 NO. 10 - 40
22/01/2014	MONIQUEIRÁ	RIO PÓMECA
02/03/2014	TUNJA	TOPO, JARDIN INF NORMAL DE VARONES, FUENTE, SANTA INES, AV NORTE VIDA PLENA
14/03/2014	SAN EDUARDO	ALEJANDRIA
21/04/2014	JENESANO	VOLADOR, PANTANO COLORADO, SOLERES, CENTRO, BAGANIQUE BAJO, DULCEYES, PALENQUE
23/04/2014	DUITAMA	LAS LAJAS, COTRTIJO, VILLAS DEL MUNDIAL, VILLA JULIANA, SAN FDO, SAN JOSE ALTO,
04/07/2014	CHIQUEINQUIRÁ	
17/07/2014	PAJARITO	VIA AGUAZUL SECTOR CUPIAGUA
17/09/2014	DUITAMA	SECTORE4S VARIOS

SÍNTESIS ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ PERIODO - PERIODO 2011 – 2018		
FECHA EVENTO	MUNICIPIO	VEREDA - SECTOR
09/11/2014	BELÉN	VDA EL BOSQUE
TOTAL 2014		10
25/05/2015	CUBARÁ	VDAS ROYOTA, BRISAS DEL ARAUCA, GUAMO, GAITANA, ESPERANZA, LA PISTA, BONGOTE, MANZANA 001, BR PABLO VI
01/06/2015	CUBARÁ	PTO NUEVO, EL GUAMO, CAÑAGUATA, LA GAITANA, LA ESPERANZA, BRISAS DEL ARAUCA, BOJABA, LA PISTA, BARROSA
25/06/2015	AQUITANIA	VILLA ALEJANDRIA
25/06/2015	SANTA MARÍA	PIEDRA CAMPANA
25/06/2015	PAJARITO	CASCO URBANO, MAGAVITA, QUEBRADA NEGRA, GUAMAL, MONSERRATE, PEÑA ALTA, SABANALARGA, MARGARITAS, CORINTO, CHARANGA
22/08/2015	SANTANA	POZO LLANO, GARAVITO, CASA BLANCA
03/10/2015	PUERTO BOYACA	EL PESCADO, GUANEGRO, PUERTO ABARCO
TOTAL 2015		7
06/03/2016	SAMACÁ	BRS VILLA MARIA, SAN CAYETANO
10/03/2016	VILLA DE LEYVA	CRA 5 Y CRA 7
10/03/2016	PAIPA	CRAS 19 A LA 23 HOTEL LA POSADA
02/04/2016	PUERTO BOYACÁ	PUERTO PINEDA, GUANEGRO
25/04/2016	DUITAMA	SEVILLA 2
09/05/2016	TIBASOSA	LIMITES CON PAIPA
27/07/2016	TURMEQUE	
27/07/2016	CHINAVITA	VIA GARAGOA, QUEBRADA BOLIVAR
27/07/2016	TIBANA	CASCO URBANO
27/07/2016	TENZA	PUENTE OSPINA
27/07/2016	TENZA	QUEBRADA QUIÑA
27/07/2016	RAMIRQUI	RIO GUAYAS
19/10/2016	PUERTO BOYACÁ	QUEBRADA VELASQUEZ
20/10/2016	SAN JOSÉ DE PARE	QUEBRADA
26/10/2016	TUNJA	TERMINAL TRANSPORTES
26/10/2016	TUNJA	BR POZO DE DONATO
26/10/2016	TUNJA	CRA 6 ENTRE CLLS 31 Y 32
26/10/2016	SOGAMOSO	VENECIA
29/10/2016	PUERTO BOYACÁ	PUERTO PINEDA
07/11/2016	SOCHA	BRS SIMON BOLIVAR, CENTENARIO, LIBERTADOR
08/11/2016	CHISCAS	ZONA RURAL

SÍNTESIS ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ PERIODO - PERIODO 2011 – 2018		
FECHA EVENTO	MUNICIPIO	VEREDA - SECTOR
10/11/2016	TUNJA	BR AQUIMIN, TRIUNFO, PATRIOTAS
13/11/2016	TUNJA	SAN FCO, CIUDAD JARDIN, PINOS DE ORIENTE, SAN CARLOS
18/11/2016	SOCHA	LA CHAPA
19/11/2016	SOCOTÁ	PTAR
20/11/2016	SOGAMOSO	SIATAME
TOTAL 2016		26
07/03/2017	TUNJA	JARDIN INFANTIL NACIONAL
07/03/2017	SAMACÁ	BRS VILLA MARIA, SANTA LUCIA, EL PROGRESO, SAN CAYETANO, EL VOTO
15/03/2017	PAIPA	LAGO SOCHAGOTA
16/03/2017	PUERTO BOYACA	BRISAS BAJO
25/03/2017	SÁCHICA	VIA SUTAMARCHÁN
27/03/2017	SOGAMOSO	BRS GUSTAVO JIMENEZ - MONQUIRÁ,
27/03/2017	TUNJA	BR EL CARMEN
27/03/2017	SÁCHICA	VIA SUTAMARCHÁN
27/03/2017	CHIQUEQUIRÁ	BOCATOMA ACUEDUCTO
28/03/2017	PAIPA	QUEBRADAS HONDA Y SALITRE, CANAL DE VARGAS
29/03/2017	PAIPA	LAGO SOCHAGOTA
29/03/2017	CHIQUEQUIRÁ	SASA, CARAPACHO
30/03/2017	SANTA ROSA DE VITERBO	CUCHE
01/04/2017	PUERTO BOYACÁ	ISLAS (PUERTO GUTIÉRREZ, COCOMONO, LA DAMIANA, GUANANÍ, EL JARDÍN, SACAMUJERES, MORROCALIENTE, SANTA BARBARA, CARBONERO ALTO Y BAJO), BARRIOS (EL AVISPERO, ESTANCO, LOS MANGOS DEL CORREGIMIENTO DE PUERTO SERVIEZ Y EN EL ÁREA URBANA LOS BARRIOS DE LA MARGEN DERECHA DEL RIO MAGDALENA COMO: BRISAS ALTO Y BAJO)
07/04/2017	PAIPA	VARIOS BARRIOS
07/04/2017	CUBARÁ	RIO COBARÍA
20/04/2017	TOGÜI	RIO UBZA
20/04/2017	MONIQUIRÁ	RIO MONIQUIRA
20/04/2017	PAZ DE RÍO	SANTA TERESA
22/04/2017	PAIPA	LAGO SOCHAGOTA
23/04/2017	MONGUA	VDA LA SALINA
25/04/2017	DUITAMA	CASCO URBANO

SÍNTESIS ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ PERIODO - PERIODO 2011 – 2018

FECHA EVENTO	MUNICIPIO	VEREDA - SECTOR
25/04/2017	PAIPA	CRAS 23, 22 Y 21, CLLS 22 Y 23, BR FATIMA
07/05/2017	PAIPA	SECTORES VARIOS
07/05/2017	TUTA	FRENTE A DIACO
07/05/2017	SOGAMOSO	GUSTAVO JIMENEZ
08/05/2017	SOGAMOSO	VDA SIATAME
10/05/2017	PUERTO BOYACA	BARROS : CHAMBACÚ, BRISAS ALTO, BRISAS BAJO, 7 DE AGOSTO PARTE BAJA, EL FERRI, ISLAS: PTO GUTIERREZ, PALERMO, COCOCMONO, DAMIANA, PTO NIÑO, GALPONES, EL JARDIN, GUANANÍ, SACAMUJERES, MORRO CALIENTE, SANTA BARBARA, CARBONERO, CORREGIMIENTO DE PTO SERVIEZ
11/05/2017		MUELLE PESCADORES, PUEBLO NUEVO, ESTRADAESMERALDA LONDOÑO, CRISTO REY, PARTE BAJA DE 7 DE AGOSTO Y 10 DE ENERO
11/05/2017	PAIPA	LAGO SOCHAGOTA
14/05/2017	DUITAMA	SAN ANTONIO NORTE
14/05/2017	TUNJA	BR ALEDAÑOS A AV NORTE CERCA A LA TOYOTA Y ENSLAP
15/05/2017	DUITAMA	SECTORES VARIOS
15/05/2017	LABRANZAGRANDE	VIA PAYA
15/05/2017	PAIPA	SECTORES VARIOS
15/05/2017	SATIVANORTE	VDA OCAVITA
15/05/2017	NOBSA	SECTORES VARIOS
15/05/2017	SOTAQUIRÁ	FRENTE A DIACO
24/05/2017	CUBARÁ	AFLUENTES RIO ARAUCA
30/05/2017	TOGÜI	VIA CHITARAQUE
13/06/2017	SAN LUIS DE GACENO	RIO UPIA
15/06/2017	SUTATENZA	VDA SALITRE
15/06/2017	PESCA	VDA TOBACA, CASCO URBANO
20/06/2017	PAIPA	VDA SATIVA, ROMITA, TOIBITA,
20/06/2017	CIÉNEGA	JEROGLÍFICOS
10/07/2017	CUBARÁ	RIO RÓYOTA
12/09/2017	PAJARITO	VIA YOPAL
27/09/2017	PAIPA	CASCO URBANO
16/10/2017	PAJARITO	QUEBRADA LA ORQUIDEA
07/11/2017	MONIQUIRÁ	BRS BARRANCAS Y RICAURTE

SÍNTESIS ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ PERIODO - PERIODO 2011 – 2018		
FECHA EVENTO	MUNICIPIO	VEREDA - SECTOR
07/11/2017	TOGÜI	RÍO PÓMECA
TOTAL 2017		51
04/03/2018	TUNJA	CLL 18 # 8 - 29
31/03/2018	CHIVATÁ	TEMPLO DE LA CAPILLA
01/04/2018	SOGAMOSO	CLL 1 CRA 11
02/04/2018	TUNJA	BR LA FUENTE CUARTA ETAPA
02/04/2018	SOGAMOSO	ARENERAS, MANITAS, MAL PASO
03/04/2018	TUNJA	CLL 16 CRA 9
03/04/2018	TUNJA	LICORERA
03/04/2018	TUNJA	BR SAN FCO MZ 4 ETAPA 5
03/04/2018	TUNJA	RADIO UNO
04/04/2018	TUNJA	BR LIBERTADOR
04/04/2018	TUNJA	MUISCAS
04/04/2018	TUNJA	BR MUISCAS EDIFICIO ROSEMARY
04/04/2018	TUNJA	PARQUEADERO DE LA 12
04/04/2018	TUNJA	BR RICAURTE
04/01/1900	ARCABUCO	RIO POMECA
06/04/2018	TUNJA	BR SAN IGNACIO
09/04/2018	TUNJA	BR SANTA INES
10/04/2018	TUNJA	BR JJ CAMACHO
12/04/2018	SOATÁ	CASCO URBANO
12/04/2018	TUNJA	VDA TRAS DEL ALTO
12/04/2018	TUNJA	KM 4 VIA VILLA DE LEYVA
13/04/2018	SOATA	CASCO URBANO
TOTAL 2018		22

Fuente: Autores

TABLA 2. Resumen estadístico eventos de inundación reportados a la OPAD, Departamento de Boyacá

RESUMEN ESTADISTICO EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD DEPARTAMENTO DE BOYACÁ									
MUNICIPIO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total/Mpio
AQUITANIA	1		1		1				3
ARCABUCO									0

RESUMEN ESTADISTICO EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD DEPARTAMENTO DE BOYACÁ									
MUNICIPIO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total/Mpio
BELÉN				1					1
BERBEO	1								1
BRICEÑO	1								1
CHINAVITA	1					1			2
CHIQUINQUIRÁ	2			1			2		5
CHITA	1								1
CHISCAS						1			1
CHIVATÁ								1	1
CIÉNEGA	1						1		2
COVARACHÍA	3	1							4
CUBARÁ	6	1	1		1		3		12
CUITIVA	1								1
DUITAMA	5	2	13	3		1	3		27
EL ESPINO	1								1
EL COCUY	1								1
FIRAVITOBA	2	1							3
GARAGOA	2								2
GUACAMAYAS	2								2
GUAYATÁ	1								1
IZA	3								3
JENESANO	1			1					2
LA UVITA		1							1
LABRANZAGRANDE							1		1
MIRAFLORES	2								2
MONGUA	2								2
MONIQUEIRÁ	4	1		1			2		8
MUZO	1								1
NOBSA	3						1		4
NUEVO COLÓN	2								2
OTANCHE	1								1
PAIPA	3	1				1	11		16
PAJARITO				1	1		2		4
PAZ DE RÍO							1		1
PESCA							1		1
PUERTO BOYACA	1		3		1	3	3		11
RAMIRIQUÍ						1			1
RÁQUIRA	2	1							3
SABOYÁ	3								3
SÁCHICA							2		2

RESUMEN ESTADISTICO EVENTOS DE INUNDACIÓN REPORTADOS A LA OPAD DEPARTAMENTO DE BOYACÁ									
MUNICIPIO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total/Mpio
SAMACÁ						1			1
SAN EDUARDO	1	1		1					3
SAN JOSÉ DE PARE						1			1
SAN LUIS DE GACENO							1		1
SAN MIGUEL DE SEMA	5								5
SAN PABLO DE BORBUR	1								1
SANTA MARÍA		1	1		1				3
SANTA ROSA DE VITERBO							1		1
SANTANA					1				1
SATIVANORTE							1		1
SOATÁ							2		2
SOCHA			1			2			3
SOCOTÁ						1			1
SOGAMOSO	4	1				2	3	2	12
SORA	1								1
SOTAQUIRÁ	1						2		3
SUTAMARCHÁN	2								2
SUTATENZA							1		1
TENZA		1				2			3
TIBANÁ	2		1			1			4
TIBASOSA	2					1			3
TINJACÁ	3								3
TOCA	1	1							2
TOGÜI							3		3
TÓPAGA	1								1
TOTA	1								1
TUNJA	4	2		1		5	3	16	31
TURMEQUÉ	1					1			2
TUTA	2								2
VILLA DE LEYVA	1	1				1			3
TOTAL/AÑO	92	18	21	10	7	26	51	22	247

Fuente: Autores

EVENTOS POR AÑO (2011-2018)

AÑO	N° EVENTOS
2011	92
2012	18
2013	21
2014	10
2015	7
2016	26
2017	51
2018	22

EVENTOS POR MUNICIPIO - 2011

MUNICIPIO	N° EVENTOS
ARICAUCO	1
BERBEO	1
BRICEÑO	1
CHINAVITA	1
CHICQUIQUIRA	2
CHITA	1
CILLAGUA	1
CUBARRA	3
CUBARRA	6
CUTIARA	1
DUTIARA	5
ELESPIRO	1
ELCOCUY	1
FRAVITOSA	2
GARACOA	2
GUACAMAYAS	2
GUAYATÁ	1
IZA	3
IPIESANO	1
MIRAFLORES	2
MONGUA	2
MORICOURA	4
MUZO	1
MORSA	3
NUEVO COLÓN	2
OTANCHE	1
PAIPA	3
PUERTO BOTAICA	2
RAQUIRA	3
SARCITA	1
SAN EDUARDO	5
SAN MIGUEL DE SEMA	1
SAN PABLO DE BORBOM	4
SOGAMOSO	1
SOBA	4
SOTACQUIRA	1
SUTAMARCHAN	2
TIBAGUA	2
TIBACESA	3
TINJACA	1
TOPAGA	1
TUTA	1
TUTIA	4
TURMEQUE	2
TUTIA	1
VILLA DE LEYVA	1

FIGURA 4. Representación gráfica de eventos de Inundación reportados a la OPAD, Departamento de Boyacá 2012.



FIGURA 5. Representación gráfica de eventos de Inundación reportados a la OPAD, Departamento de Boyacá 2013.



FIGURA 6. Representación gráfica de eventos de Inundación reportados a la OPAD, Departamento de Boyacá 2014.



FIGURA 7. Representación gráfica de eventos de Inundación reportados a la OPAD, Departamento de Boyacá 2015.

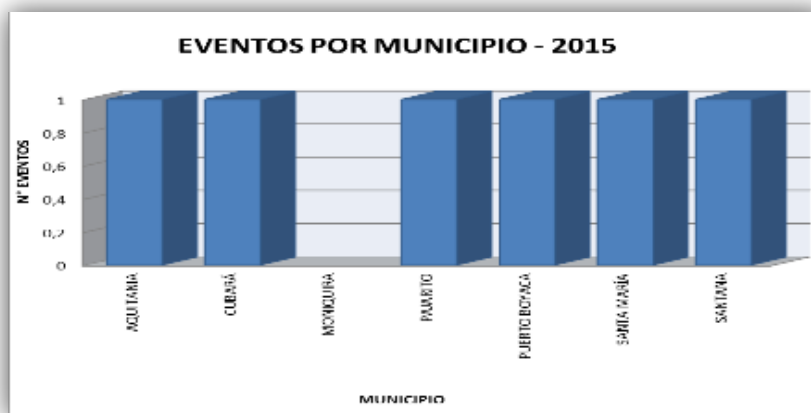


FIGURA 8. Representación gráfica de eventos de Inundación reportados a la OPAD, Departamento de Boyacá 2016.

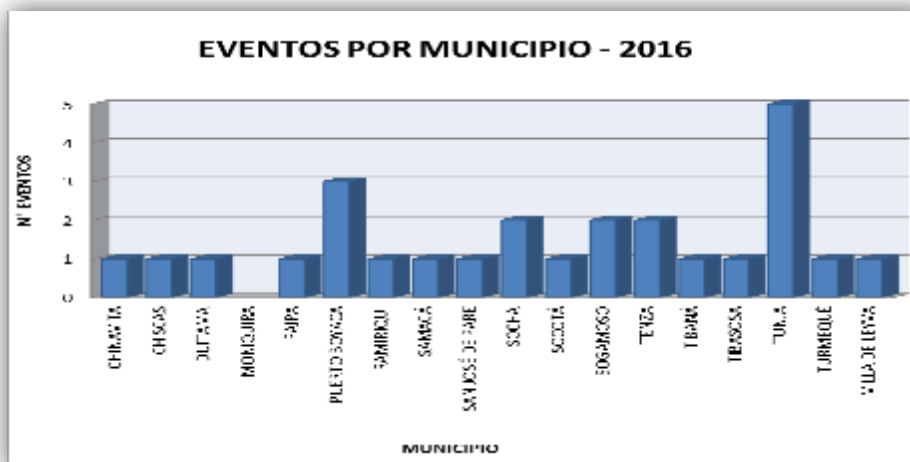















TABLA 3. Registro fotográfico de evento de inundación del 22 de abril de 2012

INUNDACIÓN MUNICIPIO DE MONIQUIRÁ - ABRIL DE 2012			
INUNDACIÓN 21 DE ABRIL DE 2012 PUENTE JAIME CASTRO			
INUNDACIÓN 21 DE ABRIL DE 2012 SECTOR CAMACHO PALMAR			
INUNDACIÓN 22 DE ABRIL DE 2012 SECTOR BALCONES DE LA RIVERA			
INUNDACIÓN 22 DE ABRIL DE 2012 PLAZA DE MERCADO			

Fuente: Secretaria de Planeación, Alcaldía municipal de Moniquirá. Adoptó Autores

INUNDACIÓN MUNICIPIO DE MONIQUIRÁ - ABRIL DE 2012

INUNDACIÓN 22 DE ABRIL DE 2012 SECTOR LA AURORA			
INUNDACIÓN 22 DE ABRIL DE 2012 SECTOR LA UADITA			
INUNDACIÓN 22 DE ABRIL DE 2012 SECTOR PINARES DEL RÍO			
INUNDACIÓN 22 DE ABRIL DE 2012 SECTOR PORTALES DEL RÍO			
INUNDACIÓN 22 DE ABRIL DE 2012 PANORAMICAS			

Fuente: Secretaria de Planeación, Alcaldía municipal de Moniquirá. Adoptó Autores

RESUMEN

En el municipio de Moniquirá, uno de los eventos amenazantes y que ha propiciado escenarios en condición de riesgo, son las periódicas inundaciones causadas por el desborde de las aguas del Río Moniquirá y, que a su vez, han traído consigo la afectación a bienes y servicios ambientales, infraestructura y población asentada en el casco urbano.

Históricamente, en el municipio de Moniquirá, se destaca la emergencia suscitada por el desborde del caudal del Río Moniquirá el 19 de abril de 2011, que traspasara las barreras urbanas perimetrales causando cuantiosas pérdidas en materiales, enseres y, viviendas. De igual forma, la inundación ocurrida el 22 de abril del 2012 por el Río Moniquirá y su desborde, afectando 9 barrios, algo más de 50 viviendas y 380 familias damnificadas. Y, recientemente la inundación sucedida en Mayo del año 2016 por la creciente que presentó el río Moniquirá, y el desborde de la quebrada La Sarabia, sector Colinas Bajo, el día 21 de Octubre del 2016.

A fin de contribuir no sólo, con el conocimiento de este tipo de amenaza y riesgo que representa el comportamiento hídrico del Río Moniquirá en época intensa de lluvias para el municipio, el presente estudio tiene entre otras, la finalidad delimitar y zonificar éste tipo de la amenaza y la definición de escenarios en condición de riesgo por inundación, para consecuentemente, formular las medidas correctivas a implementar (estructurales y no estructurales), y contribuir de manera representativa en la mitigación, manejo y control de ésta situación amenazante.

Para la zonificación de amenazas y riesgos por inundación, se aplicaron los métodos cualitativo y heurístico, partiendo en principio de la evaluación y valoración de la información secundaria, para consecutivamente, adelantar la obtención de información primaria a través del trabajo de campo y reclasificación de los mapas temáticos no supervisados. Es relevante destacar que este proceso fue complementado con el análisis histórico (multitemporal) de situaciones y lecciones vividas en el pasado, la definición de las exigencias técnicas conceptuales contenidas en las diferentes guías y metodologías aquí estimadas y, de la aplicación sistemática de un SIG y software aplicativo.

Lo anterior y aplicando los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera de Ingeniería Geológica, los autores, definieron los componentes geoesféricos inherentes al municipio, considerando su sistema funcional, administrativo, social, económico, ambiental y fisiográfico; para al mismo tiempo y mediante la aplicación del software ArcGis v10.3; así como la elaboración de los respectivos mapas temáticos, su lectura e interpretación; para la estructuración de la memoria técnica y demás documentos inherentes a los objetivos formulados en el presente estudio.

Finalmente, los autores agradecen la colaboración y el papel trascendental de participación obtenido por diversas instituciones del orden nacional como el IGAC, IDEAM, SGC, CAR de Boyacá - Chivor, UPTC, y a nivel regional, la Gobernación de Boyacá, la Unidad Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres de Boyacá, la Oficina de Información Territorial Departamental, y de la Escuela de Ingeniería Geológica Facultad Seccional Sogamoso; entre otras.

ABSTRACT

In the municipality of Moniquirá, one of the threatening events and that has propitiated scenarios in risky condition, are the periodic floods caused by the overflow of the waters of the Moniquirá River and, that in turn, have brought with it the affectation to goods and environmental services, infrastructure and population settled in the urban area.

Historically, in the municipality of Moniquirá, the emergency caused by the overflow of the Moniquirá River on April 19, 2011, which transgresses the perimeter urban barriers, causing significant losses in materials, equipment and homes, is highlighted. Similarly, the flood occurred on April 22, 2012 by the Moniquirá River and its overflow, affecting 9 neighborhoods, just over 50 homes and 380 families. And, recently, the flood happened in May of 2016 due to the increase introduced by the Moniquirá River, and the overflow of the La Sarabia stream, Colinas Bajo sector, on October 21, 2016.

In order to contribute not only, with the knowledge of this type of threat and risk that represents the water behavior of the Moniquirá River in intense rainy season for the municipality, the present study has among others, the purpose of delimiting and zoning this type of threat and the definition of scenarios in flood risk condition, to consequently formulate the corrective measures to be implemented (structural and non-structural), and, contribute in a representative way in the mitigation, management and control of this threatening situation.

For the zoning of flood threats and risks, the qualitative and heuristic methods were applied, starting in principle with the evaluation and assessment of the secondary information, in order to advance the obtaining of primary information through field work and reclassification of the unsupervised thematic maps. It is important to highlight that this process was complemented with the historical (multitemporal) analysis of situations and lessons lived in the past, the definition of the conceptual technical demands contained in the different guides and methodologies estimated here, and the systematic application of a GIS and application software

The above and applying the knowledge acquired in the course of Geological Engineering, the authors defined the geospheric components inherent to the municipality, considering its functional, administrative, social, economic, environmental and physiographic system; for at the same time and by means of the software application ArcGis v10.3; as well as the elaboration of the respective thematic maps, It is reading and interpretation; for the structuring of the technical report and other documents inherent to the objectives formulated in this study.

Finally, the authors are grateful for the collaboration and the transcendental role of participation obtained by various institutions of the national order such as IGAC, IDEAM, SGC, CAR of Boyacá - Chivor, UPTC, and at the regional level, the Governorate of Boyacá, the Departmental Management Unit of the Risk of Disasters of Boyacá, the Departmental Territorial Information Office, and the School of Geological Engineering, Sogamoso Branch School; among others.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar y analizar los componentes de susceptibilidad, vulnerabilidad, amenaza y escenarios en condición de riesgo por inundación para el municipio de Moniquirá, implementando herramientas SIG (ArcGis v.10.3).

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Recopilar información secundaria del Expediente Municipal, del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Moniquirá, a fin de establecer un primer diagnóstico de los condicionantes fisiográficos y geoambientales.

Adelantar trabajo de campo para validar y ajustar la información obtenida en la evaluación de los condicionantes anteriormente mencionados.

Definir las variables de susceptibilidad y/o vulnerabilidad que por desborde del cauce del Río Moniquirá, se suscitan en áreas pobladas del municipio.

Identificar, delimitar y zonificar áreas de amenaza y escenarios en condición de riesgos por inundación.

Formular las medidas estructurales y no estructurales a implementar para los escenarios en condición de riesgo mitigables y no mitigables.

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 ESTADO DEL ARTE

Las inundaciones producidas por ríos, estuarios, la acción del mar o fuertes precipitaciones, suponen un riesgo para las personas y causan significativos costos económicos. En el siglo XX, el 12% de las muertes debidas a catástrofes naturales fueron consecuencia de inundaciones, alcanzando un total de 93,000 víctimas en todo el mundo (Flood Risk to People, DEFRA, UK [32]).

El establecimiento de sistemas de defensa frente a inundaciones contribuye a la reducción del riesgo, sin embargo, el riesgo no puede ser eliminado totalmente. Por ello, sistemas de predicción, sistemas de aviso, el planeamiento y otras medidas no estructurales; pueden ser de gran importancia en la reducción del riesgo existente. Por tanto, surge la necesidad de desarrollar nuevos métodos que permitan la estimación del riesgo (social y económico) y el efecto en riesgo de dichas medidas.

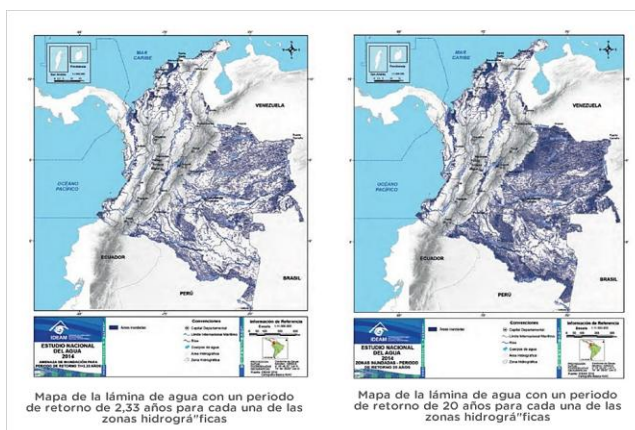
Colombia es el país en América Latina con más ocurrencia de desastres de acuerdo con un informe de la Universidad Nacional que advierte que en los últimos treinta años se registró un promedio de 597,7 eventos por año.

Uno de los fenómenos más trágicos son las inundaciones. En los últimos treinta años se han presentado 8000 casos, dejando miles de damnificados. Según el Instituto de Estudios Ambientales (IDEAM) y la Dirección General de Prevención y Atención a Desastres (DGPAD), tales desastres dejaron 21.033 víctimas fatales, 5.064 heridos, 24.727 desaparecidos, 6.753.189 damnificados y 34.731 edificaciones destruidas (E., 2016)

Históricamente en el país, la principal amenaza hidrometeorológica generadora de daños económicos y población afectada es la inundación. El fenómeno de la niña que se presentó durante los años 2010 - 2011 fue uno de los periodos más lluviosos, generando daños económicos, afectados y muertos.

El IDEAM (2014), en el Estudio Nacional del Agua (ENA), adelantó la modelación y cálculo de la zonificación de la amenaza por inundación a nivel nacional. En las Figura No.1, para cada una de las zonas hidrográficas, se obtuvieron los mapas de la lámina de agua con un periodo de retorno de 2, 33, 20 años y un mosaico nacional.

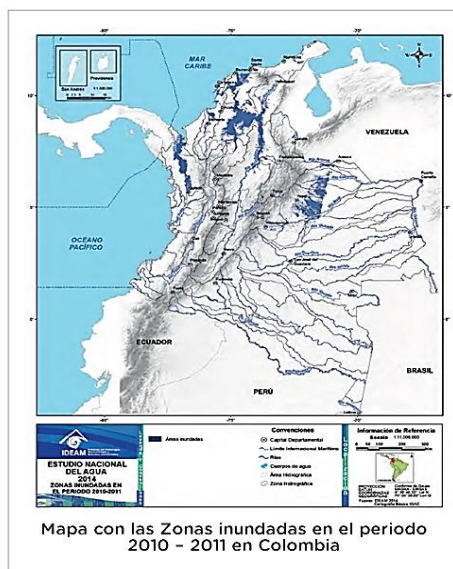
FIGURA 9. Mapa láminas de Agua



Fuente: Estudio Nacional del Agua ENA (IDEAM, 2014)

El IDEAM, el IGAC y el DANE elaboraron en 2011 la evaluación, análisis y seguimiento por inundaciones asociadas al fenómeno La Niña 2010-2011 (el desastre de mayor impacto en el país) con el fin de dar a conocer las afectaciones por las inundaciones y elaboraron el Mapa Zonas inundadas en Colombia que se observa en la figura No 2

FIGURA 10. Mapa Zonas de Inundación en Colombia



Fuente: Estudio Nacional del Agua ENA (IDEAM, 2014)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de daño económico, total de afectados y muertos para diferentes amenazas en Colombia.

TABLA 4. Daño económico, afectados y muertos en 2010 y 2011 por inundaciones en Colombia

Daño económico por diferentes tipos de amenaza en Colombia.		
Fuente: EMDAT - 2016		
Año	Tipo de Amenaza	Daño económico en ('000 US\$)
2010	Inundación	1'000.000
2011	Inundación	2'320.000
Total afectados por diferentes tipos de amenaza en Colombia.		
Fuente: EMDAT - 2016		
Año	Tipo de Amenaza	Total de afectados
2010	Inundación	2'791.999
2011	Inundación	1'487.523
Total muertos por diferentes tipos de amenaza en Colombia.		
Fuente: EMDAT - 2016		
Año	Tipo de Amenaza	Total muertos
2010	Inundación	418
2011	Inundación	0

Fuente: Información del perfil de desastres para Colombia elaborado por la Universidad Católica de Lovaina (Bélgica), por medio de la base de datos internacional de desastres (EM-DAT), del Centro de Investigación en Epidemiología de Desastres (CRED, por sus siglas en inglés)

El número de viviendas afectadas fueron 522 mil en el 96% de los municipios del país. Los daños económicos corresponden aproximadamente al 2% del PIB del año 2010, siendo los sectores con mayores daños, el sector vivienda: 39%, transporte: 38% e infraestructura social: 11%. (Fuente: DNP –BID-CEPAL. 2016)

En el año 2017 se han presentado eventos de precipitación con intensidad y duración fuertes, que han generado daños, afectados y muertos. Uno de los más graves se presentó en la ciudad de Mocoa el 4 de abril de 2017. (<http://www.idiger.gov.co/rinundacion>).

FIGURA 11. Inundación en Mocoa el 4 de abril de 2017



Fuente: Block El Espectador

Así mismo y de acuerdo con el Reporte Final de Áreas Afectadas por Inundaciones (IGAC, IDEAM y DANE, 2010 – 2011), la variabilidad climática interanual en una región, corresponde a las variaciones que se presentan en las variables climatológicas año tras año y, que podría estar relacionada con alteraciones en el balance global de radiación solar. Un ejemplo típico de la variabilidad climática interanual en Colombia, corresponde a los fenómenos enmarcados dentro del ciclo El Niño - La Niña - Oscilación del Sur. Que si bien, no se puede definir una periodicidad para la ocurrencia de estos fenómenos, se ha evidenciado que durante las últimas décadas, la ocurrencia ha sido más frecuente.

Se ha venido considerando que los métodos presentados para obtener las manchas de inundación a partir del procesamiento de varias capas de información digital, han mostrado un buen desempeño en la validación y tienen un gran potencial de aplicación en zonas con información escasa a escalas similares. Sin embargo, no quiere decir que esto sea suficiente y por tanto se reduzcan los esfuerzos por mejorar la información base a escalas más detalladas, como lo implica el uso posterior de estas zonificaciones.

2.2 METODOLOGÍA

A partir de los criterios para clasificar las amenazas por inundación, se han desarrollado diferentes metodologías para la elaboración de estos mapas. Dentro de las metodologías evaluadas para el propósito inherente a este proyecto; se tiene:

- Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos PREDES, Perú (Olga Lozano cortijo), aplicada, una vez se cuente con la evaluación de amenazas y un diagnóstico físico del centro urbano en estudio. Es una metodología sencilla en su implementación, en la que se combina lo cualitativo con lo cuantitativo y, donde lo fundamental es la asignación de la ponderación y los valores a las variables establecidas.

En nuestro caso, fue tomada en cuenta para el análisis de vulnerabilidad; atendiendo a los materiales predominantes de la construcción, alturas de la edificación, el estado de conservación de las edificaciones (externos), el emplazamiento al borde del río o cursos de agua y las zonas bajas con respecto a la vía.

- Metodología SUFRI Strategies of Urban Flood Risk Management (estrategias de gestión del riesgo por inundación en centros urbanos). El principal objetivo del proyecto SUFRI radica en la mejora de la gestión del riesgo de inundación mediante medidas no estructurales.
- Guía Metodológica para la elaboración de Mapas de Inundación, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, esta guía se tuvo como pauta para uniformizar la elaboración de mapas de inundación y como referente para el análisis e interpretación de este tipo de cartografías, orientado particularmente a las acciones de reglamentación de uso del suelo y gestión territorial.
- Diseño Metodológico para la Elaboración de Mapas de Peligrosidad por Inundaciones: Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG). Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Programa de Estudios Geográficos (PROEG). Universidad Nacional de Luján, Argentina. (ISSN 1852-8031). Esta metodología fue la base del marco referencial y metodológico para el desarrollo del presente proyecto, debido a su mediano grado de complejidad en su interpretación.
- Metodología de zonificación ambiental de cuencas hidrográficas, (IGAC): la cual permitió, enfatizar en los conceptos de susceptibilidad y los procesos amenazantes; y la manera eficaz para su esquematización.

3 GENERALIDADES

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio pertenece al municipio de Moniquirá, departamento de Boyacá; ubicado al Noroeste del mismo. Limita al norte con los municipios de San José de Pare y Togüí (Boyacá), al sur con los municipios de Arcabuco, Gachantivá, y Santa Sofía (Boyacá), al oriente con el municipio de Gámbita (Santander) y al occidente con los municipios de Barbosa y Puente Nacional (Santander).

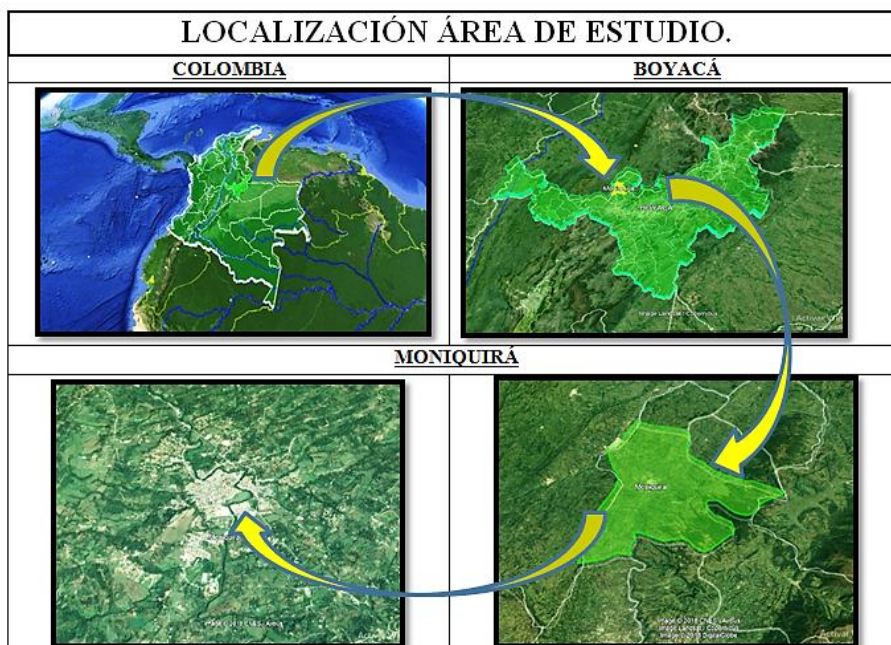
Pertenece a la provincia de Ricaurte, de la cual es capital, con un área de 220 km² y 21.402 habitantes (Censo, DANE 2015). Su cabecera dista 56 km de Tunja, la capital departamental. Altitudinalmente se sitúa a 1.700 msnm, su territorio, que pertenece a la cordillera Oriental, está bañado por los ríos Moniquirá, Pómeca, Ubaza y Suárez. Sus suelos se distribuyen en los pisos térmicos templado y frío. La temperatura media anual del casco urbano es de 19/20 °C y el promedio anual de precipitaciones es del orden de los 2.005 mm.

Sus coordenadas geográficas atienden a:

N = 5° 52' 28" (5.874444°)

W = 73° 34' 18" (-73.571667°)

FIGURA 12. Localización del área de estudio



Fuente: Autores, Información SIGOT

3.2 ASPECTOS FISIOGRAFICOS DE BOYACÁ Y MUNICIPIO DE MONIQUIRÁ

El territorio boyacense está compuesto por dos grandes partes, una montañosa y otra plana, dando origen a cuatro regiones y diez subregiones, que hacen de Boyacá, uno de los departamentos con más ventajas para el desarrollo industrial, comercial, cultural y artesanal.

La región montañosa está influenciada por la Cordillera Oriental de Los Andes que atraviesa el Departamento de sur a norte. En ella, se puede distinguir: la zona Cordillerana, los altiplanos de Tunja y Chiquinquirá, el Piedemonte llanero y las planicies del Valle del Magdalena.

El Altiplano Boyacense, comprende de sur a norte y de oriente a occidente el mayor número de municipios de Boyacá y concentra un alto porcentaje de su población. Por su posición geográfica, es considerado como el eje político, social, económico y cultural del Departamento. Se extiende a partir de la Laguna de Fúquene pasando por la zona del Valle de Chiquinquirá hasta encontrar las tierras quebradas de Moniquirá. Hacia el Oriente, se ubica el Altiplano de Tunja, el Valle de Sogamoso y el Valle Alto del Río Chicamocha. El Altiplano está conformado por regiones semionduladas y algunas pequeñas elevaciones.

La Sub-región de la Cuenca del río Moniquirá, está conformada por el valle interandino de Villa de Leyva y Samacá de clima agradable, con sitios de marcado interés como Villa de Leyva, Sáchica, Sutamarchán, Arcabuco, Moniquirá, el desierto de La Candelaria.

Los procesos geológicos son de dos clases: externos o exógenos e internos o endógenos; los cuales han propiciado la formación de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias presentes en las formaciones rocosas del Departamento de Boyacá. Del período Jurásico de la era Mesozoica, están en Boyacá las formaciones de Arcabuco y Girón integradas por areniscas, arcillas rojas, lutitas y conglomerados.

En Boyacá predominan afloramientos de rocas sedimentarias y plegadas del período Cretácico integradas por lutitas y areniscas. Las primeras, son visibles en los alrededores de Sáchica, Sutamarchán, Moniquirá, Paipa, Duitama y Sogamoso; también presentan rocas compactas como las calizas difícilmente erosionables. Según el Doctor Javier Ocampo López, «La Geología ha dejado yacimientos minerales, que se convierten en recursos naturales y económicos. En la geología de Boyacá es muy importante el período Cretácico, que dejó grandes yacimientos de carbones, calizas, yeso y sal. Asimismo, se formaron los depósitos de hierro de Paz de Río, el cobre de las regiones de Gachantivá, Tunja, Paipa, Duitama y Moniquirá».

La parte media del Departamento, se define climáticamente como piso Biotérmico Templado o Medio, comprendido entre los 1.000 y 2.000 metros de altitud con una temperatura entre los 18° y 24° centígrados. Corresponde a la falda de la cordillera donde se cultiva café, plátano, yuca, frutales, maíz, lenteja, tomate, entre otros. Los suelos de Piso Biotérmico Templado tienen relieve quebrado a escarpado, de profundidad superficial, con tonalidades pardas rojizas y, con aptitud agrológica para cultivos de maíz, arveja, caña de azúcar, frutales y ganadería. (Gobernación de Boyacá, 2012)

Para Moniquirá, el terreno presenta una diversidad de formas, predominando los relieves quebrados y escarpados, sobre las áreas planas y las de poca pendiente. Los relieves quebrados y escarpados han sido formados principalmente por la acción de los movimientos tectónicos y en parte por las disecciones causadas por las corrientes de agua.

Geomorfológicamente el aspecto característico es en forma de Valle Interandino longitudinal por el tránsito del Río Moniquirá, el cual atraviesa el municipio de Sur a Norte hasta desembocar en el Río Suarez. Con relación a su relieve, se destaca las Lomas del Perico, Los altos de Hoyachiquita, Hoyagrande, La Vieja, resaltando la presencia de estructuras predominantes, aunque en menor proporción, como El Filo de Pueblo Viejo, Cuchilla Granadino, Peña Perico, Alto Meseta y Alto el Chital. Las inclinaciones del terreno predominantes son planas a abruptas.

Las rocas que afloran en la zona de estudio son sedimentarias, representadas principalmente por estratos de la edad Cretácica, perteneciendo las formaciones San Gil Superior, San Gil Inferior, Paja, Ritoque, Rosa Blanca y Cumbre. De importancia resulta la Formación Arcabuco que representa estratos del Jurásico, que asociados a eventos tectónicos propiciaron su fracturamiento.

La zona de estudio se localiza dentro de la cobertura plegada de la serie Jurasica-cretácica. Entre los principales rasgos estructurales, se pueden observar el plegamiento general que formaron las rocas existentes en la zona constituida principalmente por las rocas del cretáceo.

La zona de estudio presenta una geomorfología bastante heterogénea, ya que por su litología y componentes geológicos, se han generado irregularidades estructurales que reflejadas en superficie, conforman las diversas unidades geomorfológicas como lo son: Colinada Denudativa, Montañosa Denudativa Estructural, Colinada Estructural Plegada, Pendientes Estructurales y Agradativa.

Los principales usos del suelo están definidos por las subclases: Nativo Intervenido, Arbustales densos, Arbustales Dispersos y Pastos, Maleza y Arbustales Dispersos, Cultivos Permanentes y Pastos y Áreas Sin Uso Agropecuario y Forestal.

De acuerdo con la clasificación Holdridge, en el municipio se presentan cuatro subclimas desde templado seco en la desembocadura del río Moniquira hasta clima frío húmedo en la zona alta del municipio (La Cumbre). El régimen pluvial depende tanto de los procesos atmosféricos del sistema de circulación intertropical, que causa la distribución latitudinal y formación de la nubosidad, así como la influencia que ejercen las circulaciones locales sobre la distribución regional, según las diferentes formas de la topografía.

3.3 ASPECTOS FÍSICOS DE MONIQUIRÁ

El área urbana del Municipio de Moniquirá tiene una superficie de 299.3 Ha. (2.993.299 m²), definida por la red de servicios públicos y delimitada según Acuerdo Municipal Número 024 de 1995.

El perímetro urbano está delimitado así: Al Oriente, por las veredas Neval y Cruces conteniendo los predios del borde con accesibilidad a servicios públicos domiciliarios. En su entorno se localizan algunos desarrollos de vivienda de carácter suburbano.

Al Sur, está definido por el límite externo del Centro recreacional de COMFABOY.

Al oriente por predios de tamaños grandes de las veredas de Pueblo Viejo y Potrero Grande. En este sector se presenta deficiencia en la prestación del servicio de acueducto por las condiciones topográficas y técnicas de la red de acueducto, así como por la inclusión de predios localizados por encima de la cota de servicios.

Al Norte con las veredas de pueblo Viejo y Neval y Cruces.

El asentamiento urbano se encuentra sobre el sector occidental del área jurisdiccional municipal, en la margen del Río Moniquirá, cuyo aporte hace al Río Suárez en límites con el departamento de Santander y el municipio de Barbosa.

De la clasificación de los rangos de pendientes, se establece el predominio de la topografía ondulada con valores de pendientes entre planas y medias. El mayor porcentaje de pendientes está en el rango del 3% al 7%, alcanzando un 39.7 % (121.45 Ha) del área urbana. En los valores de pendientes del 0% al 3% converge en 37.1 % (113.57 Ha). Entre el 7% y el 12% corresponde al 18% (55.74 Ha) y finalmente el rango de 12% a 25% abarca el 5% (14.96 Ha) restante del área.

TABLA 5. Pendientes

RANGO EN GRADOS	ÁREA (m ²)	PORCENTAJE	ÁREA (Ha)
0 - 3	1.135.723	37,1%	113,6
3 - 7	1.214.451	39,7%	121,4
7 - 12	557.434	18,2%	55,7
12 - 25	149.588	4,9%	14,9

Fuente: POT Moniquirá 2013

El núcleo urbano tradicional se encuentra en un área de pendientes bajas (entre 3 y 7%) limitado con el margen oriental del Río Moniquirá y entre la carretera central del Norte y el perímetro urbano occidental.

El sector norte, delimitado por la carretera central al oriente y el perímetro de servicios con la carretera que conduce a Pueblo Viejo, presenta tres subzonas: la parte baja del Río Moniquirá, en el área urbana con pendientes máximas del 3%; el sector del condominio La Esperanza con pendientes del 7 al 12%; y el área del centro social y de vivienda CANAPRO que presenta pendientes superiores al 10 %.

El sector oriental que comprende las urbanizaciones COOAMIGOS, y los barrios y viviendas situados a los costados de la antigua vía a Togüí, desde el costado oriental del río con rango de pendientes entre el 0 y 7% y el sector que conduce a la planta de tratamiento con pendientes del 7 al 12 %.

El sector Sur del área definiendo dos subzonas de acuerdo con los valores de pendientes: la zona oriental delimitada entre la margen occidental del río y la carrera 9 al occidente, partiendo de las antiguas instalaciones de la Licorera de Boyacá hasta el extremo del perímetro urbano en predios del Centro Vacacional de Comfaboy, que incluye la ladera del río con pendientes bajas (entre 0 y 7%). Y el sector Occidental de la carrera 9 hacia el occidente, limitando con la vía que conduce a Puente Nacional y que presenta una topografía accidentada con pendientes entre el 7 y 25%.

En conjunto, Moniquirá presenta la tendencia a desarrollar las áreas con pendientes menores al 7% (que representan el 76.8 % del área urbana), con procesos de urbanización de densidades medias y altas en donde se da una mayor intensidad de loteos para vivienda individual y de barrios, mientras que las zonas con mayores pendientes (superiores al 7%), marcan la tendencia de inversiones para desarrollos tipo condominio (densidades bajas) o predios sin ocupar.

3.4 DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE MONIQUIRÁ Y SU ENTORNO

Moniquirá, conocida como “La ciudad dulce de Colombia” está ubicada en la provincia de Ricaurte (su capital), zona baja, conformada además por Chitaraque, Togüí, San José de Pare y Santana. Dista a 56 km de Tunja la capital departamental; posición que hace que sea considerada el eje económico del departamento.

Referente a la subregión de la cuenca del Río Moniquirá, en donde además se encuentran los municipios de Arcabuco, Villa de Leyva, Sáchica y Sutamarchán; comprende de sur a norte y de oriente a occidente, el mayor número de municipios de Boyacá y concentra un alto porcentaje de su población. Con una altitud de 1.700 msnm y una extensión de 217,9 Km², haciendo parte territorial de la cordillera Oriental.

Moniquirá se baña por los ríos Moniquirá, Pómeca y Suárez, y cuatro quebradas: Sarasa, NN, Sarabia y La Caña; Cañadas y Drenajes que tienen una extensión de 9,44 km.

Moniquirá cuenta con dos parroquias, la parroquia de Nuestra Señora del Rosario y la parroquia San Pablo Apóstol, una de las más jóvenes de la Diócesis de Chiquinquirá, a la cual pertenece eclesialmente y; varios templos de diferentes religiones que han hecho presencia dentro de su territorio.

Entre la flora se encuentra el Pino Romero, Robles, la belleza de las Orquídeas, de los Quinches y Anturios; por nombrar algunas especies de la gran flora que tiene el municipio. En cuanto a la fauna, se pueden encontrar Curíes, Conejos silvestres, Micos nocturnos y en algunas ocasiones Zorros. En cuanto a las aves los recorridos son acompañados por el trinar de las Alondras, los Chirlomirlos y las Perdices; entre otros.

El municipio de Moniquirá fue fundado inicialmente en el sitio llamado “Pueblo Viejo”, muy cerca de donde actualmente está ubicado, pero la falta de agua, visibilidad, la estrechez y la falta de una ruta de acceso, hicieron que fuera trasladada. Posteriormente fue fundado por el señor Gaspar Ramírez el día sábado 26 de marzo de 1825.

Su área urbana está localizada en la parte central del municipio, asentado en la zona de menores pendientes y sobre dos elementos de primera importancia ambiental y de infraestructura: el Río Moniquirá y la carretera central del norte. Se encuentra conformada por los siguientes barrios: Las Colinas, Ricaurte, La Aurora, La Primavera, Santander, Barrancas, La Audita, La Variante, Centro, José Joaquín Motta, La Floresta, Jaime Castro, Villa Consuelo, Villa del Río, Carolina, El Palmar, Villa Paola, Prados del Río, Coamigos, Quinta Mónica, La Esperanza, Acori y Remansos. Según cifras de cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, el área urbana cuenta con 2,3651 Km², siendo esto el 1,09% del total del territorio municipal.

El área rural integra sistemas de montaña en los costados de la depresión formada por la cuenca del río Moniquirá y comparte algunas áreas de su territorio con sistemas hídricos como la cuenca del Río Suárez, el Río Pómeca y el Río Ubaza. Basados en datos de cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, el área rural tiene 215,5485 Km², significando el 98,91% del total del territorio moniquireño. Esta área está conformada por 30 veredas, de las cuales las veredas de Monjas, Coper y Tierra de González son las más extensas en su distribución territorial y son las veredas más alejadas del casco urbano.

Las veredas han recibido el nombre de: Beltrán, Canoas y San Rafael, Colorado, Coper, Coralina, Despensa y Ajizal, El Chovo, Jordán, La Capilla, La Hoya, La Laja, Maciegal, Monjas Monsalve, Naranjal, Neval y Cruces, Novillero, Pantanillo, Papayal, Pila Grande, Potrero Grande, Pueblo Viejo, San Cristóbal, San Esteban, San Vicente, Tapias y San Antonio, Tierra de Castro, Tierra de Gómez, Tierra de González y finalmente la vereda Ubaza.

Teniendo en cuenta los datos registrados en el SICAPS, hasta finales del año 2015 se encontraron un total de 6.274 viviendas en el municipio de Moniquirá, de las cuales el 1,56% es de tipo casa improvisada y en el 22,16% de las viviendas se tiene hacinamiento crítico. El 48,15% de las viviendas cuentan con servicio de acueducto y el 95,21% cuentan con servicio de electricidad. En cuanto al número de hogares, se encuentra un total de 6.400 familias, lo cual

indica que por vivienda existe un promedio de 1,02 familias y por familia hay un promedio de 3,33 integrantes de la familia, es importante aclarar que según la oficina de servicios públicos, el municipio cuenta con construcciones (edificios, casas) que tienen más de una vivienda, que contabiliza como una unidad para efectos de servicios públicos.

TABLA 6. Porcentaje de viviendas municipio de Moniquirá

Dpto.	Departamento	Mpio.	Municipio	Cabecera		Resto		Total	
				Prop (%)	cve(%)	Prop (%)	cve(%)	Prop (%)	cve(%)
15	BOYACÁ	469	MONIQUIRÁ	13.65	8.27	45.60	5.79	30.88	4.91

Fuente: Resultados CENSO, 2005

En el municipio de Moniquirá se presenta una extensión mayor del 90% en zona rural, cuyas veredas más lejanas distan 2 horas de la cabecera municipal, con escasas vías de comunicación y transporte, lo cual dificulta el acceso a los servicios de salud.

Hoy, Moniquirá es un municipio que se destaca por su clima cálido, por su producción de Guayaba y sus variadas fábricas de dulces derivados de esta fruta, que le ha dado fama y el remoquete de “Ciudad Dulce de Boyacá y que además generan alrededor de 800 empleos directos y más de 1.500 empleos indirectos.

Su agricultura es muy rica, se destacan como productos principales la caña de azúcar con la que se elaboran en los trapiches la panela; también el maíz, café, frijol, guayaba, naranja, yuca. Sin dejar de lado la importancia que ha ido marcando su ganadería.

3.4.1 Determinación del Perímetro Urbano

El perímetro urbano, entendido como el límite del área en donde se permite el desarrollo de actividades urbanas en función de la capacidad de suministro de servicios públicos urbanos y de infraestructuras por parte del Municipio, es el principal determinante de la estructura espacial urbana de un área o territorio. Su definición se deriva de un acto administrativo fundado en la competencia del Consejo Municipal y como resultado de un análisis técnico y proyectando la disponibilidad de la empresa o el mecanismo de gestión municipal para proveer los servicios públicos especialmente acueducto y alcantarillado.

Para el año de 1968, el perímetro de servicios estaba determinado por el Acuerdo 04 que estableció un polígono de 9 lados de 6.760 metros de longitud y abarcaba un área de 269 Ha. El estudio de ASPLAN del año 1985, refería a que del perímetro urbano vigente para ese momento, tan solo 65 Ha. estaban urbanizadas y 52 Ha. estaban ocupadas. Lo anterior, en virtud que para el año de 1984, él mismo, establecía un nuevo perímetro, en función de la capacidad de suministro de agua potable y referido a la cota 1680 m.s.n.m. y que extendió el área urbana en cerca de 114.5 Ha. (Acuerdo 002 de 1984). Esta decisión generó una situación inconveniente para el municipio, dado que el criterio de definición del perímetro incluyó sectores que a pesar de estar por debajo de la cota con lo cual se tenía acceso al sistema de acueducto por gravedad, no

presentaban igual condición respecto de accesibilidad vehicular, condiciones topográficas y zonas afectadas por altas pendientes y amenazas, que promovieron desarrollos periféricos alejados, sobre inadecuadas condiciones de tratamiento de aguas residuales con sistemas de alcantarillado y altos costos de prestación de servicios. Esto generó entre otros impactos, el incremento de vertimientos de aguas residuales al río Moniquirá, quebradas y drenajes, cambio de uso de suelos con vocación agrícola hacia usos urbanos y de condominios, entre otros.

En los dos casos anteriores, los perímetros no se adecuaban a la división predial, por lo que generaba ambigüedad y conflicto en la determinación de la condición urbana. Las deficientes condiciones de determinación técnica generaron un precario nivel de control del desarrollo urbano y las condiciones para promover la especulación del suelo urbano especialmente con el desarrollo de condominios suburbanos integrados dentro del área urbana.

Para el año de 1995, el perímetro urbano fue establecido abarcando un total de 297.24 Ha., reduciendo el área en 88 Ha. aproximadamente pero limitado por la necesidad de incluir algunos desarrollos de vivienda que a pesar de generar una carga en su atención y cobertura de servicios, habían obtenido derechos que impedían una exclusión. (Acuerdo 006 de 1995 y Acuerdo 051 de 1996).

En la actualidad, el perímetro de servicios continúa presentando problemas en su determinación por cuanto contiene un área demasiado extensa pero que por múltiples razones no presenta condiciones adecuadas para su urbanización: áreas de amenaza por inundación, áreas de alta pendiente, áreas de reserva de ronda de ríos, áreas con deficiencia de servicios y de infraestructura vial, equipamientos, entre otros.

La definición actual no corresponde con criterios de intervención de las dinámicas urbanas, ni es el resultado del análisis de los aspectos y factores físicos, sociales, económicos, de infraestructura que se puedan plasmar en políticas de gobierno local. Su determinación está ligada con la capacidad de prestación del servicio público de acueducto, establecido sobre el supuesto de la capacidad de oferta del municipio, excluyendo la posibilidad de comprometer otro conjunto de variables significativas para la definición de instrumentos de regulación o intervención sobre el suelo urbano y las actividades propias de su entorno.

3.4.2 Sectorización Urbana

Para los efectos de caracterizar el área urbana, se estableció una sectorización general que atendió a condiciones homogéneas en términos del desarrollo espacial. La identificación de siete sectores se puede referenciar al mapa No 3. Sectorización Urbana así:

SECTOR CENTRAL TRADICIONAL.

SECTOR LA ESMERALDA.

SECTOR NORTE LA GRANJA.

SECTOR ORIENTAL ACCESO TOGUI TUNJA

SECTOR SUR COMFABOY

SECTOR SUBURBANO ORIENTAL

SECTOR SUBURBANO OCCIDENTAL

La relación de áreas I a V y su participación en el total del área urbana se relaciona en la siguiente tabla.

TABLA 7. Sectores urbanos.

SECTOR	AREA		PORCENTAJE
	M ²	Ha	%
I	742.518	74,3	24,80%
II	695.475	69,5	23,20%
III	397.567	39,8	13,30%
IV	478.881	47,9	16,00%
V	678.754	67,9	22,70%
TOTAL	2.993.248	299,3	100,00%

Fuente: (PBOT Moniquirá, 2003)

Según sus condiciones homogéneas, la siguiente es la descripción de los sectores urbanos y suburbanos:

3.4.2.1 SECTOR CENTRAL TRADICIONAL.

Corresponde con el área tradicional urbana, que presenta la mayor intensidad de urbanización y edificación. Contiene un total de 74.3 Ha. que representan el 24.8 % del total urbano. Se estructura sobre las calles 18, 19 y 20 y en sentido norte sur, por las carreras 3 y la carrera 7. Está delimitado al Oriente por la margen del Río Moniquirá, al Sur por el Complejo Industrial de Ricaurte (ILB) y la carrera 9; al Occidente por la Quebrada Sarasa y la salida a Puente Nacional; y al Norte por el Río Moniquirá. Este sector alberga la gran mayoría de las actividades urbanas del municipio, así como, la mayor dotación de infraestructura vial, equipamientos, áreas de recreaciones, sociales y productivas.

3.4.2.2 SECTOR LA ESMERALDA.

Engloba predios, en su mayoría destinados a parcelaciones para conjuntos cerrados de vivienda con baja densidad (Condominios). Tiene un área de 69.5 Ha. (23.2% del área urbana). Este sector se estructura en su accesibilidad por la carrera 7, salida a Barbosa y presenta un incipiente desarrollo de la infraestructura pública (vías, servicios públicos), su evolución estructural depende de la inversión privada, cuyo interés en la generación de rentas ha consolidado un tipo de desarrollo típico de áreas suburbanas pero contenidas dentro del perímetro de servicios urbano. Por las condiciones de la propiedad, y la destinación de los predios, presenta una baja densidad de población.

3.4.2.3 SECTOR LA GRANJA.

Este sector representa el 13. 3% del área urbana (39.7 Ha.), destinado a uso institucional educativo y un pequeño porcentaje a vivienda. Se relaciona con la infraestructura urbana y regional a través de la carretera central del norte y se integra de manera muy débil al área central de la ciudad, por medio de la avenida Jaime Castro. Está delimitada al Occidente por el Río Moniquirá, al Sur por la Avenida Jaime Castro, al Oriente por el perímetro de servicios públicos y la carretera central. Este lugar presenta un desarrollo de tipo disperso con urbanizaciones, loteos y la influencia de desarrollos suburbanos al Norte.

3.4.2.4 SECTOR ORIENTAL ACCESO TUNJA - TOGUI.

Este sector se delimita al Occidente por el Río Moniquirá, al Norte por la Avenida Jaime Castro; al Oriente por el perímetro de servicios públicos y al Sur por el límite del perímetro urbano. Este sector abarca un total de 47.9 Ha. que representan el 16 % del área total urbano. Se ordena en torno a la carretera central y en sentido transversal por la calle 14 (acceso al complejo de mercadeo municipal). Presenta un desarrollo mayoritario con alta densidad de población en función de las necesidades de vivienda surgidas en los últimos años. Sin embargo, las condiciones físicas determinan un tipo de desarrollo informal e inadecuadas condiciones de infraestructura vial.

3.4.2.5 SECTOR SUR COMFABOY.

Representa un área total de 67.8 Ha. con un porcentaje de 22.7 del total del área urbana. Este sector se estructura sobre la carrera 9 en sentido Sur Norte, y está influenciado por el Centro recreativo COMFABOY. Los desarrollos de vivienda en conjuntos, loteos y urbanizaciones, le han permitido sostener un importante volumen de población. A pesar de poseer una infraestructura escasa de servicios, el sector ha formado un mercado de suelo urbanizado importante.

3.4.2.6 SECTOR SUBURBANO ORIENTAL

Corresponde con los predios localizados en todo la margen oriental del perímetro urbano y cuya accesibilidad, se hace a través de la carretera central del Norte, siguiendo el patrón de uso y actividades suburbanas; generado sobre la principal vía regional. Combina usos agrícolas, pecuarios, actividades recreativas, vivienda de baja densidad (Condominios). Transversalmente, está atravesado por Las vías de comunicación veredal e intrarregional (Togüí, Veredas Neval y Cruces y Papayal).

3.4.2.7 SECTOR SUBURBANO OCCIDENTAL.

Corresponde con áreas de proximidad inmediata al área urbana respecto a las veredas de Monsalve, Potrero Grande y Pueblo Viejo. Se integra al casco urbano mediante los carretables de éste sector rural y por las vías a Puente Nacional al Occidente y Santa Sofía al Sur. Aunque no

presenta la misma dinámica de sub-urbanización que el sector Oriental, también experimenta la expectativa de explotación a largo plazo, por lo que se viene presentando un fenómeno de cambio de uso del suelo agrícola a pastos o sin ningún uso o explotación. Algunos proyectos de balnearios marcan la tendencia de este sector.

Descripción por sectores

De conformidad con la sectorización urbana, la descripción de las condiciones hídricas es la siguiente:

SECTOR 1. Representa un corredor de 2.009 ml sobre la margen oriental del Río Moniquirá; de los cuales 915 ml corresponden a la Quebrada Saraza.

SECTOR II. Tiene una longitud de 1.476 ml sobre la margen oriental del Río Moniquirá; Sobre la quebrada Saraza 675 ml y la quebrada NN que atraviesa el condominio La Esmeralda en un trayecto de 450 ml.

SECTOR III. Abarca una longitud de 1.760 ml sobre la margen occidental del Río Moniquirá.

SECTOR IV. Definido en una longitud de 1.705 ml sobre la margen occidental del Río Moniquirá. Además la Quebrada Sarabia lo atraviesa en una longitud de 1.004 ml.

SECTOR V. Influenciado por La Quebrada la Audita en 247 ml y La Quebrada La Caña con una longitud de 935 ml. Además, limita con el Río Moniquirá en un tramo de 1.072 ml.

3.4.3 Afectaciones al sistema

Una de las características del patrón de desarrollo urbano de nuestras ciudades, consiste en que estos asentamientos se adelantaron en proximidades a cauces de agua, que permitieran el proveerse del recurso hídrico y sin considerar la exposición a un inminente riesgo. Esto significó al mismo tiempo, que mientras el tamaño de las ciudades no sobrepasaba los límites de estos elementos naturales, el equilibrio estaba relativamente garantizado. Sin embargo, con el advenimiento de una fase de crecimiento poblacional y la consolidación del proceso de urbanización del país, dicho equilibrio quedó roto por las dinámicas de expansión y crecimiento urbano que bajo condiciones informales o con nula orientación y planificación, empezaron a generar formas dispersas de urbanización que afectaron de manera primordial el sistema de ríos y quebradas aledaños a su núcleo central.

En el caso de Moniquirá, la principal afectación está relacionada con el Río Moniquirá, en la medida en que su condición de elemento natural estructurante, lo convierte en objetivo de los diferentes intereses privados ligados con la producción del suelo y la generación de rentas.

En efecto, la estructura del suelo urbano se configura entre otros factores, alrededor de la propiedad con acceso directo al río Moniquirá; Varios factores explican esta condición: La posibilidad de minimizar los costos derivados del vertimiento de aguas servidas en forma directa al río; El acceso al recurso hídrico para predios urbanos que mantienen usos de pastoreo o alguna

actividad de explotación agrícola, entre otros. Sin embargo, de manera simultánea, la propiedad con colindancia al río, significa la afectación sobre la propiedad en otros aspectos como la vulnerabilidad ante amenazas por inundación especialmente en épocas de intensa lluvia, deslizamientos de zonas riverañas, y las externalidades negativas ligadas con la contaminación hídrica por el incremento de vertimientos de aguas residuales, que afectan de manera negativa la valorización del suelo y su posibilidad de realización en el mercado inmobiliario.

A partir de la aplicación de los instrumentos legales que fortalecen la capacidad municipal en la regulación del desarrollo urbano, y las disposiciones ambientales orientadas a la protección del medio ambiente, se ha integrado un nuevo factor incidente en el sistema hídrico relacionado, con la determinación de áreas de protección ambiental para las rondas de ríos, quebradas y sistemas de drenaje. Tales determinantes, magnifican la afectación de áreas a lado y lado del borde máximo de aguas que en una franja de protección de mínimo 30 m; como áreas de reserva que desestiman la posibilidad de usufructuar terrenos colindantes.

3.4.4 Áreas en conflicto.

El conflicto social, económico y ambiental con el recurso hídrico en el área urbana, constituye el principal factor de impacto negativo; ya que, los elementos naturales de ríos y quebradas conforman el principal elemento de soporte del asentamiento urbano, de su configuración espacial, de las actividades económicas, de la identidad cultural y de la infraestructura de servicios públicos. También, refleja que es el elemento natural más comprometido por la acción antrópica. (Ver mapa no 6. Áreas en conflicto).

El conjunto de elementos hídricos que conforman el Río Moniquirá, las quebradas Saraza, Sarabia, La Audita, las cañadas y drenajes naturales; aparecen como elementos que resuelven la disposición de vertimientos de aguas servidas, residuos sólidos y residuos generados por la construcción. Para la población el sistema de cuerpos de agua no representa un patrimonio natural presentando las siguientes afectaciones:

Vertimiento Directo de Aguas Negras: En general, el sistema de alcantarillado urbano se dispone en su totalidad al río Moniquirá; el área urbana en su desarrollo (formal e informal), ha resuelto el costo del vertimiento de aguas residuales de todo, tipo al descargarse al río con 18 puntos de vertimiento.

Ocupación de rondas. La carencia de regulaciones y control del desarrollo urbano, ha permitido la ocupación con edificaciones y usos de las áreas de protección de rondas hídricas. La propiedad privada, no excluye el uso y la transacción del suelo, ni las afectaciones derivadas del carácter ambiental y público que éstas contienen, y se asumen derechos de ocupación y usufructo por encima de las disposiciones legales.

Los puntos específicos de afectación al sistema son:

TABLA 8. Afectaciones al sistema hídrico

SITIO	ELEMENTO	TIPO DE AFECTACION
Condominio Villa	Río Moniquirá Quebrada Puente Bonito	Predios para vivienda inmersos en la ronda hídrica.
Carrera 7/Frente a Condominio Esmeralda y Policía.	Río Moniquirá y cañadas	Predios de vivienda y de uso industrial en ronda de ríos, con Vertimientos de aguas servidas.
Urbanización Quinta Mónica Urbanización El Palmar	Río Moniquirá	Construcción de viviendas sobre ronda de ríos y vertimiento de aguas servidas.
Carrera 3 calles 18 y 21	Río Moniquirá	Construcción de viviendas, comercio y servicios sobre área de ronda y con vertimientos de aguas servidas.
Calle 18 carreras 3 y 5	Río Moniquirá	Construcción de vivienda, comercio, institucional, servicios sobre rondas de Río, con vertimientos de aguas servidas.
Quebrada Sarabia dentro del perímetro urbano.	Quebrada Sarabia.	Construcciones y vertimientos en ronda de la quebrada.
Cementerio Municipal	Quebrada Saraza	Vertimiento y filtración de sustancias cadaverinas.
Urbanización Portales del Río.	Río Moniquirá	Construcciones en ronda de protección y vertimientos.

SITIO	ELEMENTO	TIPO DE AFECTACION
Plaza de Mercado	Río Moniquirá	Construcción y vertimientos al río.
Complejo Industrial	Río Moniquirá	Vertimientos de aguas residuales.
Ricaurte		Vía vehicular sobre ronda de Río. Residuos sólidos dispuestos sobre la margen.
Urbanización La Audita	Río Moniquirá Quebrada La Audita	Construcciones sobre área de ronda y vertimientos de aguas servidas.
Urbanización la Carolina	Quebrada La Caña	Construcciones de vivienda sobre área de ronda y vertimientos de aguas servidas.
Centro recreacional COMFABOY	Río Moniquirá	Vertimiento de aguas servidas.

Fuente: (POT Moniquira, 2003)

En términos generales, existe un conflicto evidente entre el asentamiento urbano (incluyendo su variante suburbana) y el entorno natural (especialmente el sistema hídrico), establecido sobre la inadecuada ocupación y uso del área de protección de los elementos del sistema hídrico. Así mismo, del vertimiento que al cauce del Río Moniquirá se hace, de aguas residuales (domésticas e industriales) y de la generación de procesos de degradación de la estructura natural del río, que genera una significativa ocurrencia directa de numerosos eventos de amenaza natural por la acción antrópica.

Este conflicto establecido entre el desarrollo urbano y el sistema natural, se origina en la práctica urbanística inadecuada, de la deficiencia en el control y regulación del desarrollo y la preeminencia de intereses privados sobre el interés colectivo.

3.4.5 Accesibilidad.

El asentamiento urbano está influenciado por la vía nacional siendo un eje de transitabilidad, de gran importancia, ya que comunica tres capitales departamentales de conexión con el interior del país como (Bogotá, Tunja, Bucaramanga). Esta vía comunica directamente a los municipios de Arcabuco y Barbosa con Moniquirá.

Dentro del casco Urbano y relacionado con la trama vial, se desprenden otras cuatro vías de carácter intermunicipal: la vía a Santa Sofía, la antigua vía a Togüí, la vía a Puente Nacional y la vía a San José de Pare. Vías regionalmente de gran importancia y que estructuran la comunicación con sectores rurales.

Los volúmenes de tránsito sobre la carretera central se han visto disminuidos a partir de la puesta en funcionamiento de la troncal del Magdalena que conecta el centro del país con la costa atlántica. Por otra parte, la construcción y puesta en funcionamiento del eje vial que comunica a Barbosa con Chiquinquirá, representó la disminución mayor del tráfico pesado especialmente, debido a que reduce el tiempo de viaje entre Bogotá y Barbosa en aproximadamente una hora. No obstante, Moniquirá mantiene un volumen de tránsito flotante constituido por tráfico de automóviles y de transporte interregional público en función de las actividades turísticas, comerciales y de movilización de población.

La carretera central del Norte se ha consolidado como el eje comercial de desarrollo local y regional, debido a las actividades propias de transporte y que a su vez, ha venido permitiendo la densificación del sector con asentamientos residenciales a lo largo del corredor vial desde el casco urbano hasta el límite con el departamento de Santander y el municipio de Barbosa. Al mismo tiempo, en el área urbana ha propiciado el desarrollo de asentamientos en la margen derecha de la antigua salida hacia Togüí, en el sector de la planta de tratamiento del acueducto urbano municipal. Estos predios se han venido conformando de manera informal y paulatina con inadecuadas condiciones de infraestructura (altas pendientes, irregularidad en el trazado, carencia de andenes y drenajes de agua lluvia), que representan una situación crítica requiriendo la intervención estatal a fin de prevenir procesos de erosión y deslizamientos.

El sistema interno urbano presenta un conjunto de calles y carreras con trazados discontinuos, geometrías irregulares, no jerarquizado ni señalizado y con ausente reglamentación del tráfico vehicular.

La falta de mantenimiento, la ausencia de reglamentación del tránsito y los niveles de frecuencia de accidentalidad; constituyen factores adicionales incidentes en la situación de movilidad urbana que inhiben de contar con un sistema eficiente.

El sector central tradicional, es el que presenta las mejores condiciones de accesibilidad tanto al sistema regional como al intrarregional. Sin embargo, este sector se ve afectado por la intrusión de la carretera central que significa altos niveles de conflicto vial y peatonal, accidentalidad, deterioro de la estructura y presión por la densidad de actividades y usos del suelo. El transporte

ligado con la carretera central, genera conflictos alrededor de las zonas establecidas, como focos de estacionamiento para las empresas transportadoras de pasajeros y carga. El incremento de la densidad poblacional y las actividades económicas y comerciales, en este sector, ocasionando congestión vehicular, sobre capacidad portante y accidentalidad urbana.

El sector Norte (La Esmeralda), se articula alrededor de la carrera 7^a, paralelo al curso del río Moniquirá pero atravesando un sector con altas limitaciones para el desarrollo urbano. Las pendientes, carencia de infraestructura de servicios y los condicionantes geológicos; generan una considerable amenaza para asentamientos, impidiendo a su vez la densificación de la zona y su integración adecuada al sistema urbano.

El sector Sur, se estructura alrededor de la carrera 9 (vía a Santa Sofía), que ha generado un desarrollo lineal paralelo al corredor, que lentamente ha venido adecuándose para actividades residenciales y turísticas generadas por el centro de recreación Comfaboy. Por depender de este único eje longitudinal, presenta un alto nivel de tránsito limitado por la carencia de ejes transversales que ofrezcan una mejor condición de conectividad.

3.4.6 Descripción general del sistema vial.

Las principales características del sistema de circulación urbano están relacionadas así:
No existe un sistema vial jerarquizado y estructurado que permita el flujo libre del parque automotor existente y atraído dentro del casco urbano de Moniquirá; dado que, la conformación del área urbana actual ha sido el resultado del crecimiento no controlado, ni regulado; más grave aún si se considera que la estructura vial actual, enfrenta puntos de conflicto entre el tránsito vehicular y peatonal de incompatibilidades de usos que se han localizado en función del acceso a vías y sectores que han concentrado las inversiones públicas y privadas en detrimento del resto de zonas urbanas.

El centro de la ciudad ha tomado el carácter de foco de desarrollo tanto de las actuaciones urbanas públicas como privadas, pues concentra la focalización de las principales actividades económicas, de vivienda, de instituciones educativas; donde la demanda supera de manera notable la capacidad real teniendo, en cuenta que las infraestructuras de servicios públicos y vial presentan un rezago en términos de calidad y capacidad con respecto a la dinámica de crecimiento de población y de sus actividades; circunstancia que limita las posibilidades de crecimiento y promoviendo desarrollos urbanísticos periféricos que propician vacíos en la intensidad de uso y ocupación de suelos, contribuyendo a generar un desarrollo desequilibrado del casco urbano.

Las condiciones topográficas implícitas en las vías con menores pendientes y definidas en el sector central tradicional (carreras 7 y 9 en sentido norte – sur), alberguen la gran mayoría del tráfico vehicular con la consiguiente sobrecarga y deterioro de la malla vial. No obstante esta limitante, algunas vías urbanas (carrera 3, las calles 20 y 22, y la calle 14), presentan perfiles anchos de vías que facilitan la definición de una jerarquía vial con la determinación de ejes

arteriales y colectores. Su bajo nivel de desarrollo en edificaciones, permite reglamentarlas tanto en alturas como en usos.

La calle 19 entre carrera 3 y 7, y la calle 18 entre la carrera 3 y la carrera, 5 presentan condiciones apropiadas para convertirse en un eje peatonal que opere como eje de descongestionamiento de uso exclusivamente urbano, enmarcado por la alta densidad de tráfico peatonal.

Las carreras 9 desde el perímetro sur, la calle 9 en la salida a Puente Nacional, la calle 14 desde la carretera central a la carrera 9, así como la carrera 4 en la salida a Togüí y la calle 24 hacia la vereda Ubaza, constituyen en ejes de conexión con el área rural municipal. Indispensables para la comercialización de la producción agrícola ya que, facilita el acceso al actual sitio de la plaza de mercado. Así mismo, estas vías cumplen con el servicio de comunicación hacia los equipamientos educativos municipales.

La Avenida Jaime Castro, a pesar de no ofrecer condiciones apropiadas (topografía), para un adecuado desarrollo urbanístico, se proyecta como una vía que podría generar desarrollo de predios que podrían ser utilizados para edificaciones, sirviendo a su vez de circuito vial urbano de carácter arterial.

Se recomienda la intervención general del sistema vial urbano, con la reconstrucción de la sub base y el cambio de superficie de rodadura en aquellas vías que presentan fallas de la base y que incluye la construcción de un adecuado sistema de recolección de aguas lluvias.

En general en todo el sistema vial y de circulación, el área destinada para andenes, no presenta condiciones apropiadas para la circulación peatonal, pues predomina el tráfico vehicular con participación marginal del peatón; requiriéndose el ampliar dichas áreas, teniendo en cuenta que el ancho de la vía, permite reducir el área de calzada vehicular sin disminuir la capacidad de circulación vehicular.

FIGURA 13. Mapa orografía municipio de Moniquirá



Fuente: PBOT

3.5 TRABAJO DE CAMPO Y RECOLECCION DE INFORMACION PRIMARIA

Una vez estructurado el anteproyecto y de acuerdo con el objeto contractual del convenio N°1030 de 2017 (Gobernación de Boyacá – UPTC), se definió la secuencia metodológica a desarrollar, estimada a partir de las etapas a desarrollarse, basadas técnicamente en las diversas guías y metodologías que para la zonificación de la amenaza y delimitación de escenarios en condición de riesgo; que en su momento, fueron estimadas por los autores para tal fin (IDEAM, IGAC, PREDES PERU, SUFRI AAIE, GEOSIG ARGENTINA).

Seleccionada la zona de estudio inmersa en el convenio, se procedió a la recolección, evaluación y validación de información secundaria, obtenida de estudios y documentos existentes en la alcaldía municipal de Moniquirá, UPTC, Gobernación de Boyacá, CORPOBOYACÁ; entre otros.

Resultado de lo anterior, se procedió por los autores, a la definición de la hoja de ruta a desarrollar en campo, atendiendo en principio a la validación, ajuste y actualización de los mapas temáticos (no supervisados), reconocimiento de zonas de afectación por inundaciones previamente estimadas en el PBOT y PMGRD, atenuantes históricos; entre otros.

Referenciados los elementos orográficos, geológicos y geomorfológicos, se procedió a la identificación de las formas del terreno (en la conjugación geoforma - material parental – topografía), considerando su representatividad superficial, su forma o apariencia exterior y en general los procesos erosivos asociados que actual o potencialmente los afectan y, que predefinen subunidades geomorfológicas y, del cómo interactúan con el recurso hídrico municipal (Río Moniquirá) más representativo; como insumo primario en la estimación de zonas vulnerables a inundación.

Consecuentemente, con la información primaria recolectada se inicia el trabajo de oficina estimando los fotocalcos obtenidos de la fotointerpretación de aerofotografías, imágenes satelitales. Análisis de la dinámica hidrometeorológico (evaluación multitemporal, información meteorológica estaciones IDEAM), hídrica; para nuevamente, adelantar una segunda etapa de trabajo de campo, a fin de delimitar áreas de emplazamiento al borde del río Moniquirá, definir su estado actual y de igual forma, elementos que han venido y que siguen interviniendo en la relación desarrollo – riesgo - desastre.

Como actividades complementarias relevantes al trabajo de campo, se procedió por parte de los autores a la estructuración y diseño del formato de evaluación y caracterización de unidades estructurales (frentes de vivienda, anexo 1), como insumo cualitativo y heurístico para la estimación y evaluación de la vulnerabilidad urbana constructiva. Adicionalmente, se adelantó el respectivo registro fotográfico terrestre.

4 COMPONENTE GEOSFÉRICO

4.1 GEOLOGIA

La utilización del suelo, para cualquier actividad que el hombre realice, siempre tendrá una relación directa con las características geológicas tanto regionales como locales, donde éste se encuentre. De esta relación y su acertado manejo, depende que el hombre contrarreste los efectos dinámicos de la naturaleza y saque provecho a sus innumerables dones.

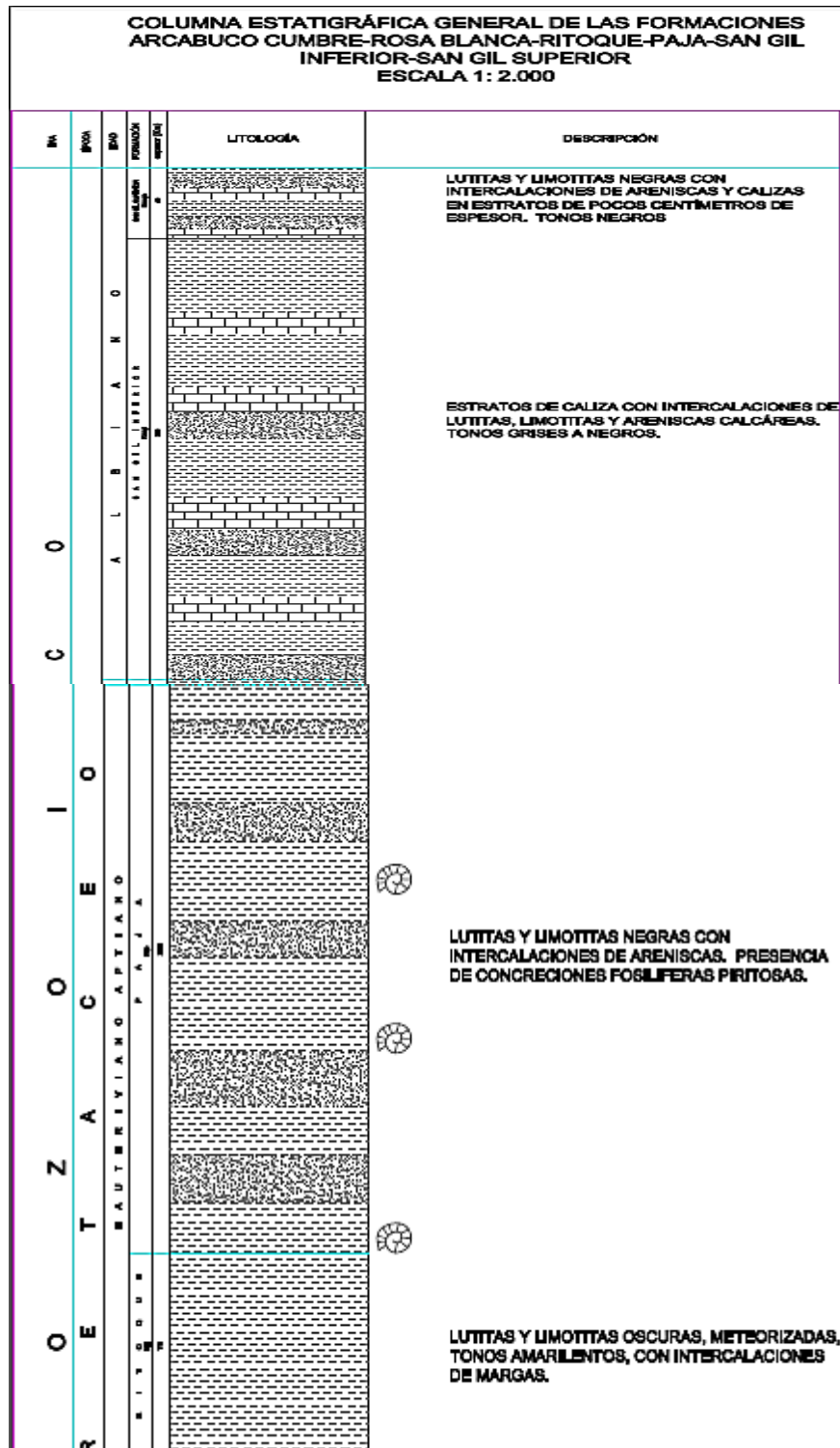
En el Departamento de Boyacá afloran rocas de edades Cambro-ordovícico, devónico, carbonífero, triásico, jurásico, cretácico, terciario y cuaternario. Siendo las más frecuentes y las que cubren una mayor área las rocas sedimentarias Cretáceas.

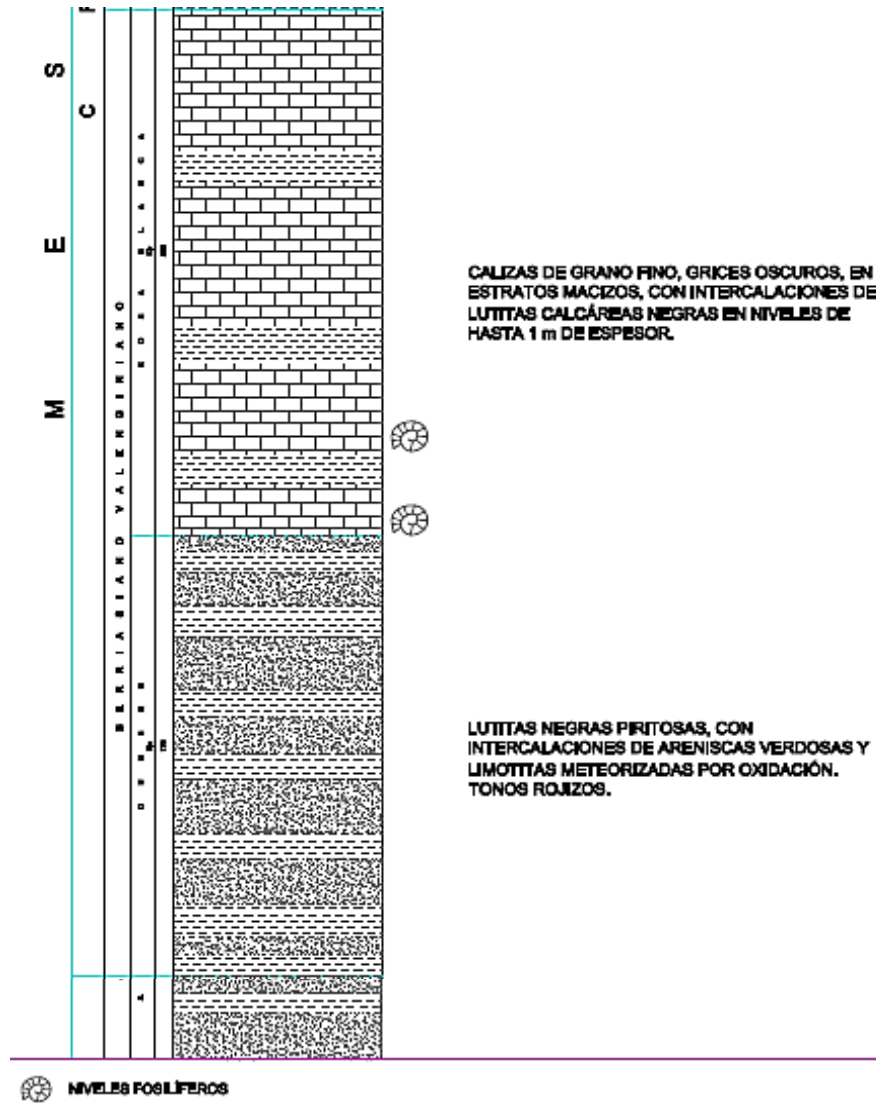
Geología Regional

Las rocas que afloran en la zona de estudio son sedimentarias, representadas principalmente por estratos de la edad Cretácica, perteneciendo las formaciones San Gil Superior, San Gil Inferior, Paja, Ritoque, Rosa Blanca y Cumbre. De importancia resulta la Formación Arcabuco que representa estratos del Jurásico, que asociados a eventos tectónicos propiciaron su fracturamiento.

Igualmente puede hacerse referencia los depósitos más recientes que se localizan en el Municipio, en especial en el corte de la vía que conduce de Arcabuco - Barbosa, que pertenecen a depósitos cuaternarios de tipo Aluvial, limitados a zonas de acumulación é inundación, y de tipo coluvial que se asocian a zonas de denudación.

4.1.1 Litoestratigrafía





Fuente: (POT Moniquira, 2003)

4.1.1.1 Formación Arcabuco (Jar)

El nombre y rango de la formación fueron propuestos por A.A. Olsson, para indicar las areniscas que afloran en Arcabuco, con un espesor superior a los 600 m.

Galvis y Pubiano (1985) subdividen la formación en cinco miembros, que de base a techo son: Miembro Caisa, constituido por arenitas conglomeráticas de cuarzo; Miembro Iguaque, conformado por arcillositas y lodositas laminadas a macizas de color amarilla a verdoso, que meteorizan a tonos rojizos; Miembro Cane, constituido por arenitas de grano fino; Miembro San Marcos, representado por arenitas de grano muy fino bioturbadas; y Miembro del Techo (Renzoni, 1969), constituido por areniscas rojas con matriz arcillosa prevalecientes en la mitad inferior y shales rojos prevalecientes en la mitad superior.

En el sector estudiado la formación está constituida por capas de arenisca cuarzosa blanca de grano fino a medio con intercalaciones de lutitas con laminillas de mica color ocre, que a veces forman niveles de 10 a 30 m de grueso compactas fracturadas y alteradas superficialmente, el espesor calculado en este sitio es de aproximadamente 110 m.

En la parte superior se observó un paquete de areniscas rojizas con un espesor de 55 m e intercalaciones de arcillolitas color ocre que no superan los 5 m de espesor. No hay presencia de fósiles, lo que supone que allí se cierra el periodo de sedimentación continental.

Los estratos de la formación Arcabuco llevan un rumbo NE, buzando al NW, e infrayacen bajo la formación Cumbre.

Las características litológicas, tales como la variedad en el tamaño de grano, la buena selección, la presencia de estratificación cruzada de gran magnitud y la lenticularidad de algunos niveles de areniscas, sugiere un ambiente de sedimentación de aguas agitadas, de poca profundidad, probablemente de línea de playa (Etayo, F. 1968).

4.1.1.2 Formación Cumbre (kic).

El nombre y rango de la unidad fue propuesto por Renzoni, G. (1969), cuya localidad tipo se localiza en el descenso de la carretera entre Arcabuco y Moniquirá, en la margen izquierda, compuesto por areniscas grises oscuras a verdes alternando con shales negros, luego shales grises oscuros a negros, piritosos, con restos de vegetales y a veces lamelibranquios y gasterópodos, intercalados por capitas de arenisca gris verdosa a negra. Presenta estratificación cruzada.

En el sector La Cumbre se levantó la columna estratigráfica, consta de areniscas grises oscuras a verdes, de grano fino alternadas con lutitas negras de aproximadamente 20 m de espesor, se observa estratificación cruzada; continúan lutitas grises oscuras a negras, piritosas, compactándose más hacia la base, con un espesor de unos 70 m, se observan pequeñas capas de arenisca gris verdosa a negra, que no superan los 2 m.

Continuando hacia el municipio en el sitio denominado San Sebastián, se observan areniscas negras piritosas de grano fino con intercalaciones de lutitas de color gris verdoso de aproximadamente 50 m de espesor, presentan un rumbo NE buzando hacia el NW. Continúa una parte cubierta hasta el kilómetro 16, donde yace concordante a la Formación Rosa Blanca.

De acuerdo a las características litológicas, a su aspecto lenticular, por suprayacer a la Formación Arcabuco, se le considera como representativo de sedimentos de plataforma (Etayo, F. 1968).

4.1.1.3 Formación Rosa Blanca (kir).

Su sección tipo se localiza en el cerro Rosa Blanca, localizado a 5 Km al noreste de la concesión de Mares, Santander. Fue denominada así por Wheeler, o.c. (1929). Está constituida predominantemente por caliza gris oscuro; la parte inferior presenta dolomitas, la intermedia consiste en micritas y biomicritas y la superior contiene arenitas mixtas y lodositas calcáreas con interestratificaciones de shales calcáreos negros. El espesor de esta formación es de 425 m en la sección tipo.

Al sureste de en cercanías a Gachantivá, se observan las calizas apoyadas casi directamente sobre las areniscas de Arcabuco, con espesores entre 70 y 100 m.

En nuestra área estas calizas afloran sobre la carretera que conduce de Arcabuco a en el kilómetro 15, margen derecha.

Consta de caliza con presencia de cuarzo, micas y pirita de unos 120 m de espesor, a veces con fósiles como lamelibranquios y gasterópodos. Presenta esporádicas intercalaciones de lutitas negras calcáreas que no sobrepasan los 3 cm de espesor. Los estratos presentan un rumbo NE y un buzamiento al NW.

Esta Formación se depositó en un ambiente marino somero, bajo condiciones costeras neríticas, poco profundas, de acuerdo a sus características litológicas (Ward, 1973).

4.1.1.4 Formación Ritoque (kiri).

Esta Formación fue propuesta por Etayo-Serna (1968) para definir un conjunto de limonitas de cuarzo, lodositas ricas en limonita, arcillositas y localmente lentes de barita. El color en muestra fresca es gris y en superficies meteorizadas es amarillo ocre. En su parte inferior presenta alternancia de limonitas con calizas biodetríticas en lentes de 30 a 50 cm de espesor. Su nombre proviene de la Quebrada Ritoque, ubicado al sur de Villa de Leyva.

La Formación Ritoque bordea ambos flancos del núcleo del anticlinal de Arcabuco, sobre el flanco oriental consta de limonitas o arcillositas en alternancia con caliza lumaquéllica, mientras que sobre el flanco occidental predominan las limonitas con algunas intercalaciones de arenisca de grano muy fino.

En nuestra zona de estudio en el sector Tres Esquinas, se encuentra una sucesión de limonitas arenosas grises amarillentas a rojizas por causa de meteorización con un espesor de unos 75 m, con bancos de lutitas negras que miden de 10 a 15 m de espesor. Los estratos continúan con un rumbo NE y un buzamiento hacia el NW. Esta Formación yace concordante sobre la Formación Rosa Blanca e infrayace bajo la Formación Paja.

Las características paleontológicas, litológicas y el adelgazamiento de los estratos de esta unidad, supone un ambiente marino, acumulado en las márgenes de altos topográficos (Etayo, f. 1968).

4.1.1.5 Formación Paja (kip).

El nombre fue dado por Wheeler, O.C, según Morales (1958), para designar una sucesión de shales arcillosos y limosos, negros, micáceos, ligeramente calcáreos y delgadamente laminados, con venillas de yeso. La parte inferior contiene concreciones calcáreas, nódulos septáreos y venas de calcita, que afloran en la Quebrada La Paja, afluente del río Sogamoso, entre Bucaramanga y San Vicente (Santander), 1 kilómetro aguas arriba del puente el Tablazo.

En el cuadrángulo de Tunja, Renzoni (1968), subdividió informalmente la formación Paja en un miembro superior arcilloso, constituido por shales de color negro a gris castaño y un miembro inferior denominado Miembro inferior arenoso de la Formación Paja, según Renzoni (1968) so observó en la mitad inferior de la formación la aparición de capas de arenisca blancuzca, que aumentan en número y espesor, hacia el norte de Arcabuco y Togui. Estos niveles arenosos se alternan con niveles de shales negros más o menos arenosos, llegando a medir 293 m de espesor.

Nuestra columna está representada por un bloque de unos 200m de espesor en una longitud de unos 150 m en el sitio Roca Negra, por la vía que de Arcabuco conduce a Moniquirá, la cual consta de una parte superior de arcillositas color ocre o rojizo y una parte inferior constituida principalmente por lutitas negras con presencia de concreciones, que interiormente contienen óxidos de hierro piritizados con fósiles como amonites, exteriormente tonos amarillos o rojizos producidos por meteorización y oxidación. El rumbo de los estratos es NE, con un buzamiento hacia el NW.

De acuerdo a las características paleontológicas y litológicas se considera que la Formación Paja se depositó en un ambiente marino, de aguas poco profundas y en un medio reductor, con escasa circulación de fondo (Etayo, F. 1968).

4.1.1.6 Formación San Gil Inferior (kmsgi).

Por la vía Vado Real- Santa Ana se ha descrito una sucesión de caliza arenosa calcárea y lutitas negras de unos 325 m de espesor, la cual Hubach llamó Conjunto San Gil, el cual la coloca en el Albiano Inferior, pero F. Etayo la coloca en el Aptiano a la sucesión que aflora por la carretera que de Sáchica conduce a Tunja, constituida por unos 480m de lutitas y limonitas con intercalaciones de areniscas calcáreas y de caliza.

En nuestra zona de estudio a 1500 m de la vía -Barbosa afloran calizas negras con presencia de gasterópodos, intercalados con lutitas grises y areniscas calcáreas micáceas de aproximadamente 80 m de espesor con una longitud de 250 m. El rumbo y buzamiento de los estratos continúa siendo el mismo, NE/NW, infrayace bajo la formación San Gil Superior.

Debido a su composición litológica se considera que esta Formación se habría acumulado sobre una plataforma progresivamente más móvil con establecimiento en la zona nerítica (Etayo, F. 1968).

4.1.1.7 Formación San Gil Superior (kmsgs).

Su autor es Etayo (1968), pero ya Hubach la había definido de la siguiente manera:

De base a techo está constituida por un segmento inferior compuesto por lodositas con interestratificaciones frecuentes de arenitas y calizas; y un segmento superior con predominio neto de shales de color gris oscuro, frecuentemente con nódulos arcillosos y algunas interestratificaciones de calcarenitas y arenitas localmente conglomeráticas. Los shales contienen fósiles especialmente amonites.

Tiene un espesor medido de 620 m en la carretera Sáchica-Tunja y la localidad tipo, con 230 m para el segmento inferior y 390 para el superior.

Por la vía Barbosa observamos lutitas y limolitas negras con un espesor de unos 40 m, con intercalaciones de areniscas y calizas arenosas, a veces con presencia de lamelibranquios, estas intercalaciones no sobrepasan los 3 m de espesor, suprayace concordantemente sobre la Formación San Gil Inferior.

Etayo, F. (1968), menciona que “las características litológicas de estas rocas señalan ámbito sedimentario con restricción progresiva en cuanto a aireación en el fondo, produciéndose condiciones reductoras que cesaron para dar margen a la vida bentónica. Hacia el tiempo de sedimentación del segmento superior ceden éstas condiciones y empieza la influencia de una zona fuente de clásticos, especialmente hacia el oriente.

4.1.1.8 Depósitos Cuaternarios Cuaternario Aluvial (Qal).

Están localizados en la zona urbana del Municipio de Moniquirá, son depósitos de viejos abanicos aluviales que buscan su recorrido final en los pequeños valles que rodean a este municipio.

Están formados principalmente por material heterogéneo, gravas, bloques y guijarros de arenisca con matriz arcillosa, son transportados por drenajes y agentes exógenos que se presentan en las laderas que circundan estos sectores.

4.1.1.9 Cuaternario Coluvial

Estos depósitos se presentan a lo largo de la vía Arcabuco-Barbosa y en los perímetros del Municipio de Moniquirá. Son depósitos jóvenes que se están acumulando en laderas de pendientes suaves, son materiales formados por cantos redondeados, angulosos y de tamaños que oscilan entre 5 y 50 cm de diámetro, constituidos por areniscas y que poseen una matriz limosa.

4.1.2 Geología Estructural

La zona de estudio se localiza dentro de la cobertura plegada de la serie Jurásica-cretácica. Entre los principales rasgos estructurales se pueden observar el plegamiento general que formaron las rocas existentes en la zona constituida principalmente por las rocas del cretáceo.

El fracturamiento presente en la Formación Arcabuco, muestra el intenso tectonismo que los originó, dando como resultado el fallamiento local del sector. La zona está afectada por fallas que permiten observar cambios de alineamientos consecuentes, sin embargo estos fallamientos que se presentan en la zona de estudio son más locales que regionales, porque los fracturamientos se presentan en los mismos bloques que conforman cada Formación.

4.1.2.1 Plegamientos

Las rocas que afloran en nuestra zona de estudio forman parte del flanco occidental del Anticlinal de Arcabuco que tiene su eje orientado en dirección N45°E y del flanco oriental del Sinclinal de San José de Pare o de Chiquinquirá que presenta su eje en una dirección N60°E.

Los estratos presentes en cada formación poseen un rumbo general de N60°E, y un buzamiento de 12°NW. En la parte sur de la zona de estudio se presenta un Anticlinal asimétrico el cual posee su eje en la misma dirección de la Quebrada la Lajita que es SE-NW, con una extensión aproximada de 2 kilómetros y está constituido por las areniscas grises oscuras de la Formación La Cumbre con algunas intercalaciones pequeñas de lutitas negras piritosas.

Es el único sector del área de estudio en donde se notan los cambios de rumbos de los estratos, y en donde se presenta éste anticlinal.

4.1.2.2 Fallas

La zona de estudio se ve afectada por varias fracturas de carácter local y detectadas algunas durante el trabajo de campo y otras fotogeológicamente, evidenciadas por alineamientos y cambios morfológicos, sus direcciones preferenciales son del SE al NW, como el caso de la falla del Río Pómeca la cual es de carácter muy local, pero que se diferencia en campo. La falla del Río Pómeca afecta estratos de las Formaciones Arcabuco y Cumbre. El desplazamiento que realizan los estratos de estas Formaciones es perpendicular al rumbo, mostrando así fallas normales.

Los afloramientos de caliza que se encuentran en las explotaciones mineras ubicados en la vía que de Arcabuco conduce a , se presentan muy diaclasadas debido al intenso tectonismo ocurrido a lo largo del tiempo, con replegamientos y fracturamientos muy locales que pueden o no interferir en el método de explotación a realizar.

[illegible]

68

4.2 GEOMORFOLOGÍA

La zona de estudio presenta una geomorfología bastante heterogénea, ya que por su litología se han generado irregularidades estructurales que reflejadas en superficie conforman las diversas unidades geomorfológicas que a continuación se describen.

La zona de estudio presenta una geomorfología bastante heterogénea, ya que por su litología se han generado irregularidades estructurales que reflejadas en superficie conforman las diversas unidades geomorfológicas que a continuación se describen.

I. Unidad Colinada Denudativa

Corresponde a una zona donde predominan los cerros y las colinas, con laderas de pendientes suaves a medias. Comprende la mayor extensión del área de estudio. Las formas denudativas de origen gravitacional que se presentan son, conos de escombros, derrubios, reptación y deslizamientos menores, los procesos erosivos producidos por escorrentía superficial que podemos encontrar son, erosión en regueras, erosión en surcos, en cárcavas, erosión laminar. Los materiales que constituyen en su mayoría son arcillas y lutitas.

II. Unidad Montañosa Denudativa Estructural.

Esta característica geomorfológica está dada por la intercalación de materiales con una dureza de alta a media. Estos materiales se encuentran presentes en la formación La Cumbre, Rosa Blanca, San Gil Inferior y San Gil Superior, caracterizándose la unidad por la presencia de laderas onduladas, con pendientes del terreno moderadas. La presencia de cobertura vegetal en el terreno, ha permitido que no se incrementen los fenómenos de reptación.

III. Unidad Colinada Estructural Plegada.

Esta unidad se presenta en zonas rocosas con materiales arcillosos y limolitas de la formación La Cumbre, el área está caracterizada por la presencia de interfluvios redondeados y laderas onduladas, esta unidad está conformada en la parte media por cadenas montañosas de pendientes moderadas.

IV. Unidad de Pendientes Estructurales.

Caracterizada por poseer escarpes generados en paquetes de rocas duras pertenecientes a las formaciones Ritoque, San Gil Inferior, La Cumbre, donde el río Pómeca está cortando los estratos formando escarpes de falla.

Esta unidad presenta gran resistencia a la erosión y a los agentes atmosféricos de la roca constituyente por estar formado de material altamente competente como areniscas cuarzosas y calizas.

De este mapa podemos apreciar que las unidades geomorfológicas que más prevalecen en el municipio de Moniquirá hacen parte a ambientes de tipo estructural, donde sobresalen las unidades de sierra anticlinal y la sierra colinada, estructuras principalmente originadas por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y fallamiento de rocas. Otra de las unidades geomorfológicas de mayor potencia en el área de estudio es la ladera erosiva, generada en un ambiente denudacional.

4.2.1 MORFOMETRÍA

4.2.1.1 Pendientes

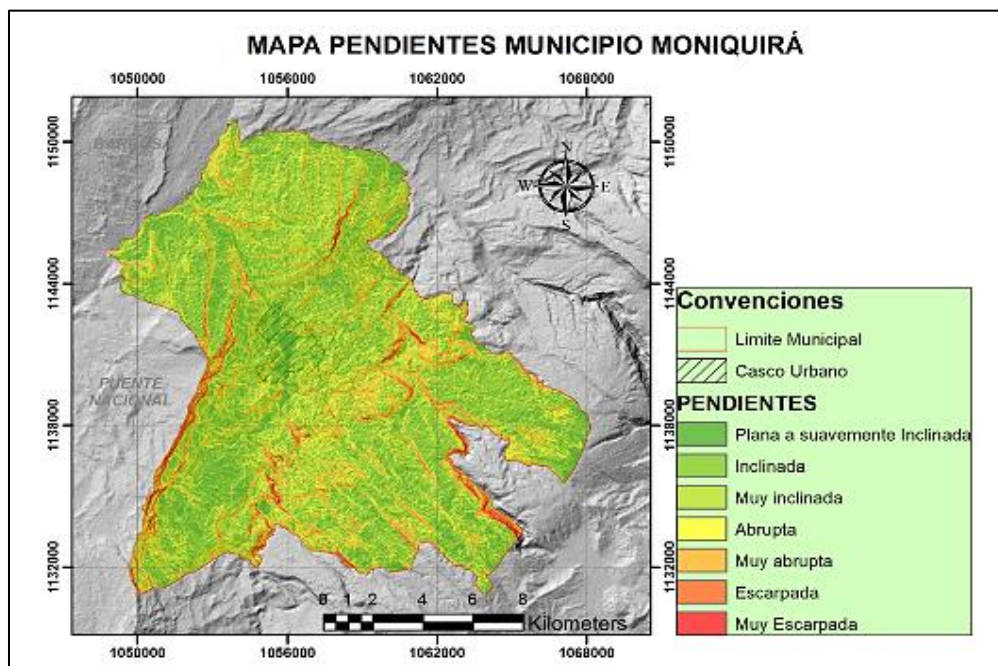
El mapa de pendientes es una variable cuantitativa y continua, derivada del modelo digital de elevación (DEM). Los rangos de pendientes que se emplean en esta variable corresponden a los rangos de inclinación de laderas propuestos por Carvajal (2008), Tabla 8

TABLA 9. Rangos de pendientes para estudios geomorfológicos, propuesto por Carvajal (2008).

INCLINACIÓN (Grados)	DESCRIPCIÓN
0 – 5°	Plana a suavemente inclinada
5 - 10°	Inclinada
10 – 15°	Muy Inclinada
15 – 20°	Abrupta
20 – 30°	Muy abrupta
30 – 45°	Escarpada
45 – 89°	Muy escarpada

Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2012)

FIGURA 16. Mapa de Pendientes Moniquirá



Fuente: PBOT – Adaptó autores.

Al realizar la clasificación por pendientes para el municipio de Monquirá encontramos en un mayor porcentaje pendientes planas a suavemente inclinadas ($0 - 5^\circ$) e inclinadas ($5-10^\circ$); distribuidas en la zona rural y prevaleciendo la plana o suavemente inclinado en el casco urbano; se evidencian pendientes abruptas a muy escarpadas ($15 - 45^\circ$); principalmente al suroriente del municipio de Monquirá en sectores como: Loma Hoya Grande; Loma Hoya Chiquita, Loma Los Altos y El Perico, y en menor proporción al Noroccidente del municipio del mismo modo, se presentan franjas muy escarpadas ($45 - 89^\circ$) en límites con el municipio de Puente Nacional y Arcabuco.

4.2.2 Morfogénesis

En el municipio de Monquirá se presentan tres ambientes morfogenéticos: Denudacional, estructural y Fluvial.

Ambiente Denudacional

Incluye las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan y dejan remanentes de las unidades preexistentes y de igual manera, crean nuevas por la acumulación de sedimentos

Ambiente Fluvial

Incluye las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre

Ambiente Estructural

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y el fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades.

4.2.3 Subunidades Geomorfológicas

TABLA 10. Ambientes y subunidades geomorfológicas municipio de Moniquirá.

AMBIENTE	SUBUNIDAD	CODIGO	AREA Km ²
Denudacional	Cono de deslizamiento indiferenciado	Ddi	0.028
	Cono o lóbulo de deslizamiento traslacional	Ddtr	0.012
	Escarpe de erosión menor	Deeme	13.773
	Ladera Erosiva	Dle	27.749
	Ladera Ondulada	Dlo	2.659

Estructural	Escarpe de línea de falla	Slfe	0.957
	Espolón	Ses	3.493
	Espolón faceteado	Sefc	29.439
	Ladera de contrapendiente sierra anticlinal	Ssalc	8.574
	Ladera de contrapendiente sierra sinclinal	Ssslc	11.054
	Ladera escalonada	Sles	11.613
	Ladera estructural de sierra anticlinal	Ssale	7.901
	Ladera estructural de sierra sinclinal	Sssle	18.265
	Sierra anticlinal	Ssan	78.451
	Plano o llanura de inundación	Fpi	1.140
Fluvial y Lagunar	Terraza de acumulación	Fta	2.897
	Terraza de acumulación subreciente	Ftas	0.263

Fuente: UPTC – Gobernación de Boyacá, 2015.

4.2.3.1 Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi):

Estructura en forma de cono o lóbulo de morfología baja, cóncava a convexa, con una pendiente escalonada, nichos semicirculares, bloques inclinados, relieve irregular, formación de grietas y cambios súbitos de la pendiente. Su origen se relaciona con procesos de movimientos en masa de tierra o roca, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o en zonas con alta deformación cortante.

4.2.3.2 Cono o lóbulo de deslizamiento traslacional (Ddtr):

Estructura en forma de cono o lóbulo, con morfología plana a suavemente ondulada. Su origen es relacionado al movimiento de rocas o tierra a lo largo de una superficie de falla más o menos planar. El movimiento es controlado por segmentos de debilidad asociados con planos de estratificación, zonas de alto fracturamiento o el contacto entre un plano rocoso y los detritos suprayacentes.

4.2.3.3 Escarpe de erosión menor (Deeme):

Ladera abrupta o a desplome de longitud corta a larga, de forma cóncavo convexa y eventualmente recta, con pendiente escarpada a muy escarpada, originado por socavación fluvial lateral o por procesos de erosión y movimientos en masa remontantes a lo largo de un drenaje.

4.2.3.4 Ladera Erosiva (Dle):

Corresponde a superficies del terreno de pendientes muy inclinadas a escarpadas, de longitudes moderadas a extremadamente largas, de formas planas, cóncavas y convexas, patrón de drenaje típico dendrítico a subparalelo. Presenta procesos erosivos intensos como cárcavas, surcos y solifluxión, sobre materiales de suelo o roca. Estas laderas no necesariamente están asociadas a una geoforma mayor o una estructura.

4.2.3.5 Ladera Ondulada (Dlo):

Superficie en declive de morfología alomada o colinada, pendiente inclinada a escarpada, la longitud varía entre corta y muy larga. El patrón de drenaje es subdendrítico a subparelo. Estas laderas se pueden formar en suelos residuales y depósitos coluviales.

4.2.3.6 Plano o llanura de inundación (Fpi):

Superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces fluviales, donde es limitado localmente por escarpes de terraza. Incluye los planos fluviales menores en formas de “U” o “V”, al igual que a los conos coluviales menores de los flancos de los valles intramontanos. En regiones montañosas, donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal, en red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad, se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas.

4.2.3.7 Terraza de acumulación (Fta):

Superficie elongada, plana a suavemente ondulada, modelada sobre sedimentos aluviales, que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce de un río. Su origen está relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial, dentro de antiguas llanuras de inundación. Su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Estas terrazas pueden ser parte de cauces rectos ameadóricos. Su depósito está constituido por gravas arenas, limos y arcillas, con disminución del tamaño a medida que se aleja del cauce del río.

4.2.3.8 Terraza de acumulación subreciente (Ftas):

Superficie plana a suavemente inclinada, remanente de terrazas subrecientes de morfología ondulada, disectadas, localmente basculadas, con inclinaciones entre 3° a 5°, aunque algunos sectores pueden alcanzar los 10° donde se presenta limitada por escarpes de 5 a 20 m. Su origen es relacionado a la ampliación del valle de un río, al ganar importancia la erosión en sus márgenes. La superficie de la anterior llanura aluvial queda adosada a las márgenes del valle en forma de escalón o resalte topográfico que define la terraza. Pueden estar cubiertas por suelos arcillosos fluviales. Su depósito está constituido por arenas, arcillas e intercalaciones locales de grava fina.

4.2.3.9 Espolón faceteado (Sefc):

Saliente que en conjunto conforma sierras colinadas con pendiente inclinada a abrupta. Su origen se relaciona al fallamiento que genera truncamiento a manera de facetas triangulares y a procesos de erosión diferencial en unidades de distinta resistencia.

4.2.3.10 Espolón (Ses):

Saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias y limitado por drenajes paralelos a subparalelos. Con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos.

4.2.3.11 Ladera escalonada (Sles):

Superficie definida por estratos dispuestos a favor o en contra de la pendiente del terreno con forma recta, irregular a escalonada, longitud larga a extremadamente larga y pendiente muy inclinada a escarpada. Estas superficies se presentan separadas por escarpes abruptos de menor longitud. Su origen es relacionado a la incisión de los drenajes o al fracturamiento perpendicular al buzamiento en niveles litológicos donde se concentran procesos de erosión diferencial.

4.2.3.12 Escarpe de línea de falla (Slfe):

Plano vertical a subvertical corto a muy corto, cóncavo a convexo de pendiente abrupta. Su origen se relaciona a las superficies definidas por el truncamiento de estructuras topográficas y geológicas afectadas por procesos de erosión acentuada.

4.2.3.13 Ladera de contrapendiente sierra anticlinal(Ssalc):

Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma convexa a irregular escalonada, con pendiente abrupta a escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, desarrollada en la ladera estructural de una estructura anticlinal debido a la acción de procesos de erosión, meteorización o tectonismo que cortan y moldean la estructura original.

4.2.3.14 Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale):

Superficie con estratos inclinados a favor de la pendiente, de longitud corta, formas convexa a recta y pendiente inclinada a muy abrupta, relacionada al flanco de una estructura anticlinal. Localmente los estratos se presentan con inclinaciones menores de la pendiente natural del terreno.

4.2.3.15 Sierra anticlinal (Ssan):

Prominencia topográfica elongada de morfología colinada a alomada de cimas o crestas agudas o redondeadas, limitada por laderas estructurales inclinadas a muy abruptas, rectas o convexas y de

longitudes largas. El eje de la estructura es formado por el arqueamiento de los estratos o capas que se inclinan de manera divergente.

4.2.3.16 Ladera de contrapendiente sierra sinclinal (Ssslc):

Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma convexa a irregular escalonada, con pendiente abrupta a escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada al flanco de una estructura sinclinal.

4.2.3.17 Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle):

Superficie definida por estratos inclinados a favor de la pendiente del terreno, de longitud corta a moderadamente larga, forma cóncava y pendientes inclinadas a abruptas, relacionada al flanco de una estructura sinclinal.

4.3 SUELOS

4.3.1 Cobertura y Uso del Suelo

Teniendo en cuenta las características de los suelos, su material parental y las condiciones climáticas en el área de la jurisdicción del Municipio de Moniquirá se presenta la siguiente clasificación y que se puede ver espacializado en el mapa correspondiente.

4.3.1.1 Sistemas Agroforestales.

Sistema que integra de una forma deliberada los cultivos agrícolas, los árboles, los pastos y los forrajes, mediante su correcta distribución espacial y temporal. Para el municipio de estos suelos se ubican en las veredas de Maciegal, San Vicente, Papayal y algunas pequeñas zonas en el sector norte de la vereda de la Hoya colindando con la vereda de la Laja.

4.3.1.2 Agrosilvopastoril

Es un sistema agroforestal poco usado que integra la agricultura y los árboles permitiendo tanto la siembra, la labranza y la recolección de cosecha como la remoción del suelo en ciertas áreas. Dentro del municipio estos suelos se localizan en la zona occidental limítrofe del mismo con Puente Nacional, sobre el borde de la cuchilla el Granadillo en las veredas Pantanillo, Beltrán, Capilla, el Chovo, Potrero Grande, San Esteban, Pila Grande y Pueblo viejo; y así mismo, en la zona central de las veredas Tierra de Gómez, Coper, Monjas, San Cristóbal, Colorado, Tierra de Castro, Despensa y La Laja y en algunas pequeñas zonas en las veredas de Jordán y Ubaza, Novillero y Neval.

4.3.1.3 Zonas de Recarga de Acuíferos

Son áreas que por su conformación geológica permiten la mayor infiltración del agua lluvia para la conformación de las aguas subterráneas.

Estas zonas de recarga se localizan hacia el sector sur del municipio, integrando la casi totalidad del área de las siguientes veredas: Tierra de Gómez, Coper, Monjas, San Cristóbal, Tierra de González, Colorado, Despensa, La Hoya y La Laja; adicionalmente, se identifica una pequeña área en el sector sur de la vereda de Pantanillo en el sector conocido como Peña amarilla.

4.3.1.4 Área Estratégica de Páramo.

Area caracterizada por su especial composición de flora, vegetación, fauna y ecosistemas que se establecen en la franja altoandina en los límites entre la vegetación arborescente cerrada de la media montaña y la abierta de la alta montaña, en la cordillera del municipio y dependen claramente de la localidad geográfica y están estrechamente relacionadas con la expresión de factores como el clima, el suelo, el subsuelo, la inclinación y la exposición, además de los efectos biogeográficos, históricos y la influencia antropogénica.

Aunque este tipo de áreas no es representativo para el municipio, se encuentra una pequeña franja localizada en la vereda de Tierra de González, sobre el límite con el municipio de Arcabuco.

4.3.1.5 Área de Bosque Productor

Area destinada a la producción de madera que permite un aprovechamiento intensivo aún hasta tala rasa, pero dejando el suelo protegido por las raíces, los tocones de los árboles y el sotobosque hasta la nueva plantación.

Para tan sólo existe una pequeña área boscosa, que se ubica en el sector oriental, en la vereda Pantanillo, sector Peña Amarilla.

4.3.1.6 Bosque Protector

Son áreas que no permiten el aprovechamiento comercial de la madera ni la remoción del suelo, conservando en forma permanente su vegetación y admitiendo únicamente el enriquecimiento necesario para garantizar una mayor protección y/o conservación de las fuentes de agua, fauna y bancos genéticos.

Se encuentra ubicado en franjas paralelas circundantes a los nacimientos y cursos de agua de las vertientes del municipio; Por la densa red de drenajes superficiales que cubre la totalidad del área municipal, cumplen una función importante para el ecosistema hídrico y el desarrollo biosocial de la comunidad.

4.3.1.7 Bosque Protector Productor

Area destinada a la producción de madera y a la protección del suelo y solo permite un aprovechamiento selectivo, por fajas o por sectores. El suelo queda desprovisto de árboles en

áreas pequeñas y por periodos relativamente cortos, conservando una protección permanente debido a la vegetación que allí se establece.

Corresponde a con pequeñas áreas ubicadas en el sector oriental limítrofe conocido como Cuchilla de Granadillo en las veredas de Pantanillo, Beltrán, Capilla y el Chovo; de manera dispersa, en las veredas de Potrero Grande, San Esteban y San Vicente, Pueblo Viejo, Jordán, Despensa, Colorado y Tierra de González.

4.3.1.8 Cultivos Densos

Zonas que no requieren remoción frecuente y continua del suelo ni deja a este desprovisto de cobertura vegetal exacto por periodos breves y poco frecuentes.

Se ubican principalmente en la parte oriental, norte y central del municipio; y en el sector sur en las veredas de Monjas, Tierra de González y Colorado; solamente se exceptúan las zonas de alta montaña correspondientes a las veredas de La Hoya, Despensa y Ajizal y los bordes limítrofes con Puente Nacional.

4.3.1.9 Cultivos Limpios.

Son áreas que requieren laboreo y remoción frecuente del suelo. Generalmente tiene un periodo vegetativo menor de un año. Deja el suelo desnudo en ciertas épocas del año y en otras sin protección entre las plantas.

Se localizan especialmente en el sector nororiental del municipio, en las veredas de Maciegal, San Esteban, San Vicente, Naranjal, Tapias, Canoas, Neval y Novillero; También hace parte de la conformación marginal del río Suárez y el Río Ubaza. Algunas aislada y pequeñas áreas en el sector suroriental correspondiente con las veredas Tierra de Gómez y Beltrán.

4.3.1.10 Cultivos Semilimpios

Es el área que no requiere remoción frecuente del suelo y no deja el área desprovista de cobertura vegetal permanente, sino solamente en periodos relativamente cortos.

Se encuentran disgregados en la casi totalidad del municipio, exceptuando las áreas de las zonas de recargas localizadas en el sector suroccidental.

4.3.1.11 Pastos Naturales

Zonas que no requieren la remoción frecuente y continua del suelo, ni lo deja desprovisto de una cobertura vegetal protectora en ningún tiempo pero que en ciertas épocas soporta el peso de los animales, lo cual contribuye al proceso de deterioro.

Aunque el área en pastos naturales para el municipio, se encuentra dispersa en la mayoría de las veredas que lo conforman, es de resaltar que existen algunas áreas especiales en el establecimiento de estas especies vegetales en las áreas limítrofes con el área de recarga de acuíferos y los bordes limítrofes con la Cuchilla del Granadillo.

4.3.1.12 Silvopastoril

Es un sistema agroforestal en el cual se encuentra árboles asociados a la ganadería; este sistema especialmente se localiza en las veredas del área central del municipio, y en las áreas del borde oriental.

4.3.2 Conflicto de Uso

El municipio de se ubica en una zona semimontañosa, son comunes las pendientes entre 3 -12% para los alrededores de la zona urbana; y en las veredas de: Beltrán, Capilla, San Cristobal, Colorado, Maciegal, Colorado, Coralina, Maciegal, Chovo, Despensa, Jordán, La Hoya, la Laja, Naranjal, Neval y Cruces, Pantanillo, Novillero, Pila Grande, Pueblo Viejo, San Cristóbal, Potrero Grande, San Esteban, San Vicente, Tierra de Castro y tierra de Gómez.

Las pendientes entre 12-25%, predominan en el municipio, aunque en menor proporción pueden encontrarse algunas pendientes entre el 25-75%, estas pendientes son características de rocas competentes y dan al municipio características topográficas quebradas que deben ser tenidas en cuenta para la realización de las actividades económicas que involucren el suelo y subsuelo.

Por su topografía el municipio presenta dos pisos térmicos bien definidos; clima frío húmedo y muy húmedo, clima medio húmedo y muy húmedo, con suelos característicos de cada piso térmico y abundancia de vegetación nativa.

En las partes altas, los suelos son orgánicos, de moderados a profundos, altamente permeables y poco compactos; a la parte baja el suelo es residual, arcilloso, poco profundo y algo permeable. En la zona predominan los minifundios, la economía se basa en la agricultura y en la ganadería de subsistencia, con algunas actividades mineras.

Por el predominio de una topografía abrupta en el área del municipio; la agricultura y ganadería se debe llevar a cabo en las pendientes adecuadas y teniendo en cuenta los correctivos técnicos a aplicar según la actividad, con el fin de mitigar el impacto.

Los conflictos por uso del suelo corresponden a aquellas áreas que por sus condiciones actuales de uso presentan prácticas inadecuadas de explotación de los recursos naturales y simultáneamente existe contradicción con el concepto de desarrollo sostenible generando problemas socioeconómicos. La definición de las áreas en conflicto permite definir acciones tendientes a minimizar las amenazas naturales, a definir las áreas a conservar y definir los ecosistemas estratégicos y cuerpos de agua.

4.3.2.1 Identificación

Se establecen conflictos que pueden resumirse de la siguiente forma:

- Áreas de rastrojos con procesos erosivos no visibles y baja retención de humedad. Se identifican en sectores de las veredas de Beltrán, Capilla, Colorado, coralina , Despensa y Ajizal, Chovo, La Hoya, Monjas, Pantanillo, Pila Grande, Potrero Grande, San Cristobal y Tierra de Gómez.
- Potreros de baja calidad y zonas con rastrojos con algunos relictos de bosques, potreros que se han abierto en zonas aledañas a zonas de protección. Se encuentran en las veredas de Colorado, La Hoya, Maciegal, Naranjal, Pueblo Viejo San Esteban y San Vicente.
- Áreas con microfundio que permiten una alta presión sobre el recurso suelo y se identifican en las veredas de Beltrán, La capilla, San Esteban, Colorado, Maciegal, Despensa y Ajizal, Chovo, La Hoya, Monjas, Monsalve, Naranjal, Neval y Cruces, Pantanillo, Papayal, Potrero Grande, Pueblo Viejo, San Cristobal, San Esteban, San Vicente, Coper, Tierra de Castro y Zona Urbana.
- Suelos sobre-explotados, con problemas de erosión y baja fertilidad, en diferentes puntos del municipio.
- Falta de bosque de galería en los diferentes ríos, quebradas y contornos de nacederos del municipio.
- Este tipo de conflictos descritos obedece a diferentes causas entre las que se pueden mencionar:
- La tala indiscriminada, deforestación y quema de bosques nativos con el fin de adaptar los terrenos para parcelas dedicadas a labores agrícolas y ganaderas.
- Los cultivos y pastoreos indiscriminados sin tener en cuenta el valor de la pendiente.
- El sobrepastoreo.
- Una vez deforestados los bosques nativos y utilizados los suelos para agricultura y ganadería en pendientes adecuadas, estas actividades no se realizan técnicamente con el fin de mitigar el impacto.

La manera adecuada de realizar la agricultura y ganadería en el municipio, debe tener en cuenta el rango de pendiente y las siguientes características de acuerdo al tipo de cultivo.

- Cultivos limpios. Están representados en la siembra de maíz, yuca y algunos cítricos en las partes altas; esta actividad se debe realizar en pendientes menores del 20% y construir acequias y canales de desvío para las aguas de escorrentía.

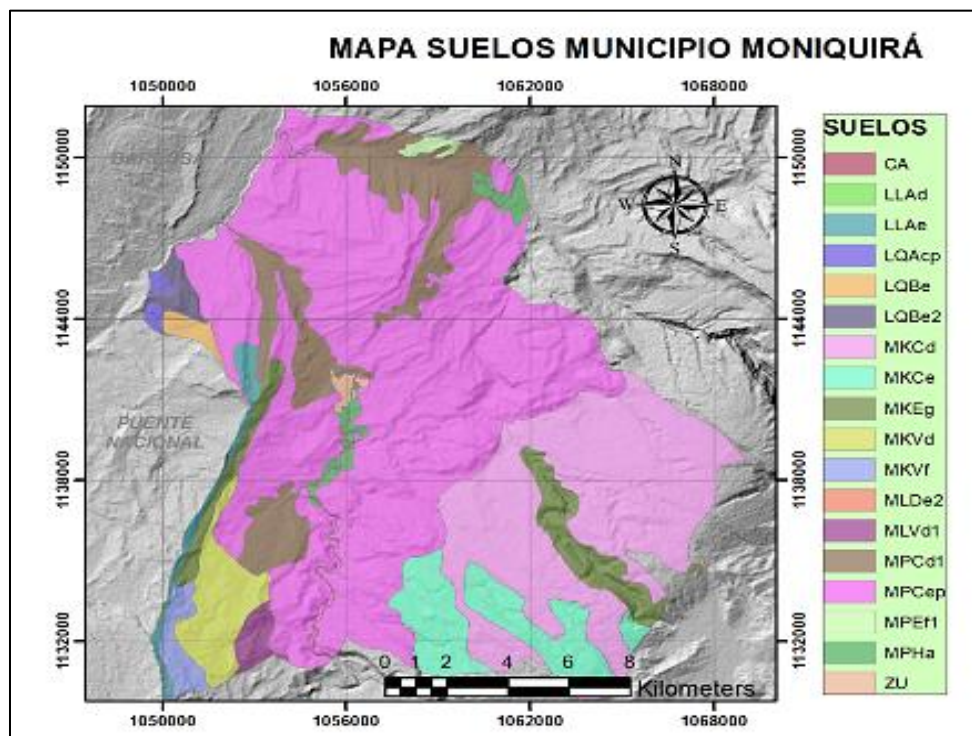
- Cultivos semilimpios. Representado en la siembra de plátano, Guayaba y frutales, se debe realizar en pendientes menores al 40%, construir obras para el desvío de aguas de escorrentía y barreras vivas.
- Cultivos densos. Caña de azúcar y pastos de corte, se deben realizar en pendientes menores al 50%; la siembra debe ser perpendicular al sentido de la pendiente y la desyerba debe hacerse con machete.
- Cultivos de semibosque. Como el café, en pendientes menores al 40%, y debe tener sombras y obras para el desvío de aguas.
- Pastos. Se pueden sembrar en pendientes de 50% a 60%, pero se debe evitar el sobre pastoreo, principal causa de la erosión en terracetos.
- Bosques comerciales. Hasta pendientes del 50%, se deben efectuar obras para el desvío de aguas.
- Bosques protectores. Son importantes y se deben realizar en las márgenes de los ríos, nacimientos de aguas y orillas de carreteras y carreteables, se pueden realizar en cualquier pendiente, debe ser densa y con vegetación nativa y es uno de los correctivos a utilizar para recuperar los suelos.

La no aplicación de estas medidas, ha producido el principal conflicto de uso del suelo en el municipio que se ha convertido en la principal causa de los fenómenos de inestabilidad.

4.3.2.2 Alternativas de Uso

La decisión para desarrollar alternativas debe ser convenida por los usuarios del suelo, implementando estrategias e incentivos para adoptar nuevas tecnologías de manejo y teniendo en cuenta el uso actual Vs uso potencial del Municipio de Moniquirá, y basados en la clasificación agrológica que se tiene como referencia en todo el documento.

FIGURA 17. Mapa Suelos Moniquirá



Fuente: PBOT – Adaptó autores.

TABLA 11. Grados de Conflicto por Usos del Suelo.

USOS DEL SUELO		USO POTENCIAL						
		C1	C2	C3	C4	F1	F2	PT
Cultivos Limpios (CL)								
Cultivos Semilimpios (CSL) (Agrícolas y Pastoreo)								SOBREUSO ALTO
Sistema silvoagrícola (con CL y CSL)								
Silvoagrícola y silvopastoril								
Bosque Comercial								
Bosque Protector Productor								
Protección Absoluta								

Fuente: (PBOT Moniquira, 2003)

Para el presente caso se establecieron cuatro clases en la evaluación de conflictos de uso:

- **SIN CONFLICTO (SC):** Cuando el uso actual corresponde al uso potencial mayor.

- **SOBREUSO (Medio (SUM) – Bajo (SUB)):** Cuando el uso actual es mayor que el uso potencial.
- **SOBREUSO ALTO (SUA):** Cuando el uso actual está demasiado por encima del uso potencial.
- **SUBUSO (SbUA, SbUM, SbUB):** Cuando el uso actual es menor que el uso potencial.

TABLA 12. Descripción de áreas en Conflicto por Uso del Suelo (Ha)

VEREDAS	CONFLICTOS POR USOS DEL SUELO						
	SUA	SUM	SUB	SbUA	SbUM	SbUB	SC
Beltrán	136.64	112.48	---	34.40	1.76	284.16	16.96
Capilla	73.92	68.96	--	79.52	--	155.36	53.60
Colorado	174.72	603.68	56.32	174.72	20.96	159.68	438.72
Coper	148.48	648.64	28.32	11.36	4.64	0.96	206.08
Coralina	106.78	101.76	--	95.20	0.32	95.20	53.76
Despensa y Ajizal	80.64	385.6	36.96	46.72	11.36	90.40	765.12
Chovo	48.80	41.60	6.24	57.76	--	153.76	24.00
Jordán	47.84	27.68	--	271.04	1.28	725.28	170.40
La Hoya	38.56	224.96	116.80	33.28	9.44	62.88	781.44
La Laja	62.88	35.04	--	63.52	1.12	249.12	42.24
Maciegal	31.04	44.48	--	159.52	5.28	304.32	15.84
Monjas	142.88	761.44	29.92	218.88	6.40	252.64	510.88
Monsalve	23.52	31.36	--	59.52	--	163.20	21.92
Naranjal	11.04	17.92	2.24	101.44	6.24	150.72	5.50
Neval y Cruces	48.00	38.56	--	175.68	0.16	502.40	11.68
Novillero	39.20	21.28	--	48	2.56	306.72	24.16
Pantanillo	98.08	133.76	--	24.64	8.80	166.24	17.92
Papayal	20.32	16.16	--	121.28	--	271.36	9.60
Pila Grande	32.16	68.96	1.28	94.88	4.16	170.56	25.28
Potrero Grande	9.60	67.52	0.64	88.64	--	129.44	16.32
Pueblo Viejo	23.84	61.44	--	54.08	5.28	270.56	24.64
San Cristobal	25.92	115.36	0.16	68.32	--	208.48	24.32
San Esteban	36.16	45.60	--	26.08	2.24	176.32	37.12
San Vicente	48.32	10.88	0.16	137.12	--	399.84	64.80
Tierra de Castro	47.68	22.56	--	183.04	--	536.32	73.60
Tierra de Gómez	76	107.68	4.80	32.48	0.64	244	53.44
Tierra de Gonzales	92	115.04	26.40	222.40	2.88	80.64	428.32
Ubaza	18.24	3.04	--	203.04	0.16	569.44	23.04
Tapias	30.72	2.72	7.84	95.68	--	8.64	363.52
Canoas y San Rafael	23.20	0.32	9.44	217.12	--	255.2	390.08
Zona Urbana	15.52	4.80	--	35.36	--	244.96	1.60
TOTAL	1812.70	3594.28	327.52	3234.40	95.68	6692.8	4335.88

Fuente: (PBOT Moniquira, 2003)

Teniendo en cuenta esta clasificación de conflictos se presenta el mapa de Conflictos por uso del suelo en donde se especializan estas categorías.

Consideraciones para el área rural

Teniendo en cuenta los diferentes grados de conflicto se puede concluir que del área total del municipio el 33.3% está representado por un subuso bajo con cultivos semilimpios y de pastoreo, en tanto que el 21.6% no presenta conflicto por uso, es decir que su destinación es de cultivos limpios y semilimpios, zonas protectoras combinadas con explotaciones silvoagrícolas de acuerdo con el uso potencial identificado para el municipio.

Por otra parte el 9.02% corresponde a un sobreuso alto representado por cultivos limpios y densos y un 19.51% presenta un sobreuso entre medio a bajo con cultivos semilimpios.

Finalmente el 16.57% del territorio corresponde áreas de subuso de alto a medio con sistemas de praderas destinadas al pastoreo.

5 COMPONENTE GEOAMBIENTAL

5.1 CLIMA

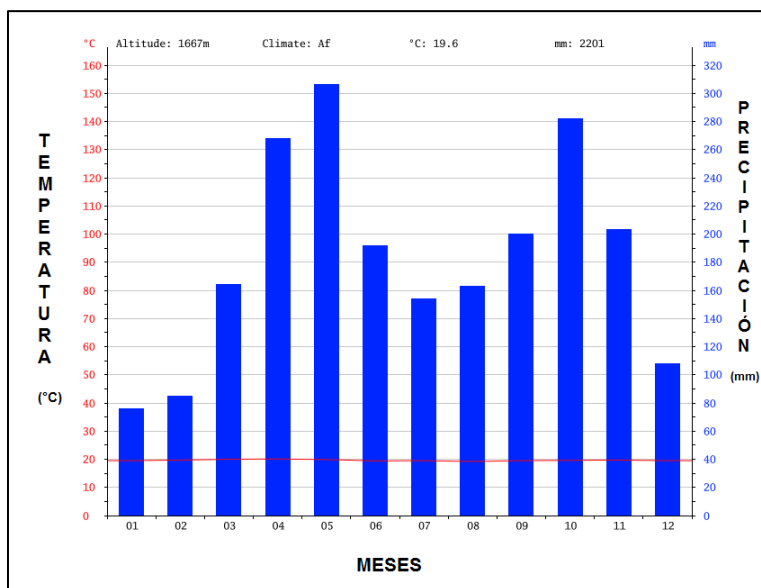
Esta ciudad tiene un clima tropical con una cantidad significativa de lluvia durante el año, incluso para el mes más seco. De acuerdo con Köppen el clima se clasifica como Af (A: tropical – F: precipitaciones constantes. Completamente húmedo). La temperatura media anual en Monquirá se ha estimado en 19.6 °C, con precipitaciones alrededor de 2.201 mm.

El mes más seco es enero, con 76 mm; mientras que el mes en el que se presentan mayores precipitaciones es en mayo con 306 mm.

El mes más caluroso del año es abril con un promedio de 20.1 °C, mientras que agosto es el mes más frío con 19.2 °C.

La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 230 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 0.9 °C.

FIGURA 18. Climograma



Fuente: <https://es.climate-data.org/location/27786/>

5.2 PRECIPITACIÓN

El régimen pluvial depende tanto de los procesos atmosféricos del sistema de circulación intertropical, que causa la distribución latitudinal y formación de la nubosidad, así como la influencia que ejercen las circulaciones locales sobre la distribución regional, según las diferentes formas de la topografía.

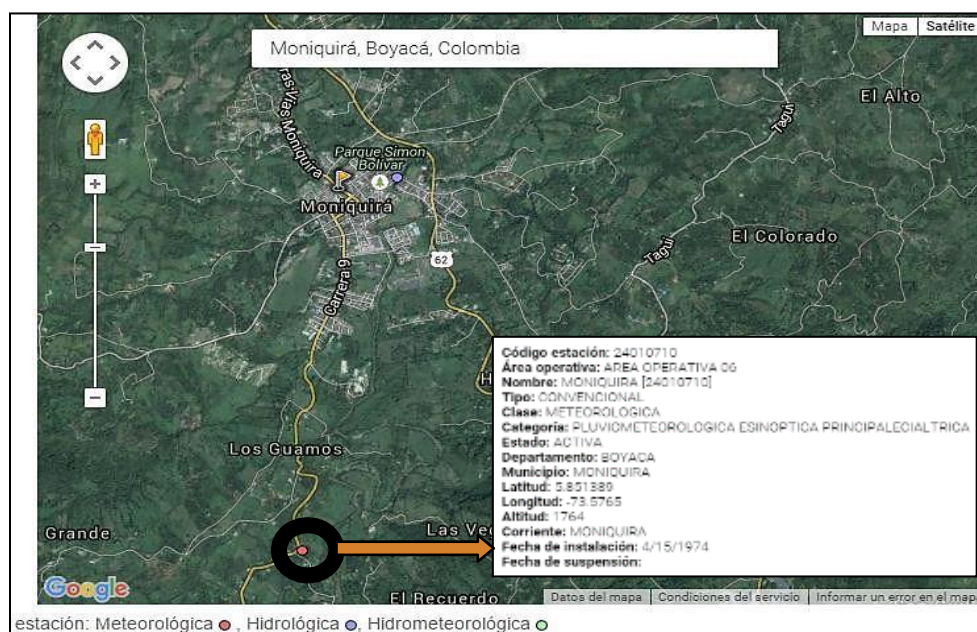
Con el fin de establecer el régimen de lluvias del área de influencia del proyecto, se consideró la información de la estación meteorológica del IDEAM MONIQUIRA [24010710].

TABLA 13. Datos estaciones IDEAM

ESTACIÓN IDEAM MONIQUIRÁ	
Código	2135
Nombre	MONIQUIRÁ [24010710]
Corriente	MONIQUIRÁ
Elevación	Elevación: 1764.0
	Latitud: 5.851388888889
	Longitud: -72.4235
Municipio	MONIQUIRÁ
Tipo	Meteorológica Principal

Fuente: IDEAM

FIGURA 19. Ubicación espacial estación Meteorológica



Fuente: Ospam Ingeniería, 2015 – Adaptó autores.

De estas estaciones se efectuó la consecución de información de un registro histórico de 42 años con la siguiente información:

- Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas (mm).
- Valores totales mensuales de precipitación (mm).
- Número de días mensuales con lluvia.

5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS

Para la zona de estudio, la estación del IDEAM predominante es la Pluviométrica de Moniquirá, de la cual se obtuvieron los valores máximos mensuales de precipitación en 24 hr, los cuales se presentan en la Tabla 13.

TABLA 14. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 hr.

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
1974				267	325	233	198	104	486	410	324		2347
1975	8	60	231	199	373	187	242	257	251	313	291	206	2618
1976	60	125	258	258	461	165	47	74	64	310	143	78	2043
1977	10	146	97	87		140	278	228	324	271	221	72	1874
1978	10	38	143	221	293	256	235	107	251	244	256	139	2193
1979	36	50	238	311	240	270	91	209	177	336	213	82	2253
1980	9		159		197	99	154	103	126	349	138	110	1444
1981	31	205	56	277	418	255	195	177	253	292	131	57	2347
1982	90	167	178.5	201.4	506.2	107.1	91.7	58.6	193.1	310.3	92.1	97.9	2093.9
1983	10.7	51	96.2	251.6	319.5	192	178.7	107.5	186.3	196.5	161.6	154.5	1906.1
1984	65.3	204.9	108.9	265.5	244.6	343.5	255.8	220.2	424.1	234.5	233.7	82.6	2683.6
1985	10.1	44.1	131.2	203.8	200	60.6	212.2	387.1	190.8	181.4	181.1	44.6	1847
1986	52.6	95.9	98.1	310.1	229.9	185.6	81.4	139.7	184	312.6	278.7	55.6	2024.2
1987	37.7	113.4	87.1	227.6	218.1	97.5	318.8	217	241.2	364.6	168.6	72.1	2163.7
1988	43.7	81.3	88.5	254.9	325.5	256.1	245.7	279.7	191.6	244.5	270.2	198.5	2480.2
1989	170.6	93.5	78.8	208	216.1	229.1	120.4	249.2	181.8	441	170.6	35.8	2194.9
1990	42.2	44.6	129.2	297.3	217.8	246.2	216.5	106.6	153.1	361.9	262.9	72.3	2150.6
1991	23	96.6	146.1	234.2	362.4	135.4	139.6	66.9	108.6	147.6	204	85.1	1749.5
1992	38.9	140.1	52.9	148.3	282.1	78.4	154.1	113.5	120.4	156.4	137.4	112.6	1535.1
1993	129	32.5	99	313	319.7	185.7	140.5	113.9	280.7	237.5	285.8	203.9	2341.2
1994	42.2	160.4	356.2	306.6	353.6	253	180	85.2	147	175	250.2	129.7	2439.1
1995	39.1	27.7	196.3	230.6	174.9	254.3	282	210.1	184.4	294	156.4	287.7	2337.5
1996	135.2	98.1	181	234.6	315.2	289.1	191.2	272.3	173.7		133.5	35.1	2059

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
1997	66.3	118.1	73.8	224.6	289.8	24.4	258	54.4	146.2	105.3	144.7	31.9	1537.5
1998	39.5	124.6	221.7	430	313.9	169.8	159.5	298.6	325.4	330.2	219.9	141.8	2774.9
1999			141.2	319.1	200.4	343.9	74.3	159.9	291.4	393.7	106.8	140.8	2171.5
2000	26.9	187.2	426.7	150	243.7	262.8	166	189.2	307.6	178.8	92.8	85.4	2317.1
2001	38.1	34.5	215	185	339.9	133.8	214.8		248.9	291.9	167.5	138.2	2007.6
2002	19.7	82.8	223.5	183.1	179	194.3	85.2	121.3	174.9	132.8	109.1	125.7	1631.4
2003	11.9	63.4	132.8	196.5	286.3	306.9	110.5	197.5	182.4	121.9	293	74.6	1977.7
2004	25.6	67.6	159	401.8	244.8	104.5	157.8	78.8	249.7	288.9	141.2	49.3	1969
2005	101.6	50.8	134.8	241.4	225.9	98.4	139.9	76	256.6	221.2	197.5	76.7	1820.8
2006	86.2	28.3	327.6	406.8	202.2	215.6	107.9	175.7	205.3	288.1	218.6	209.3	2471.6
2007	115.3	28.6	368.1	486.9	458.2	235	160.6	280.3	161.4	205	212.3	95.2	2806.9

Fuente: IDEAM.

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
2008	77.1	170.8	114.1	405.8	346.2	262.3	180.7	413.1	258.3	236.7	255.3	51.4	2771.8
2009	203.5	160.9	414.5	185	196.3	239.8	177	203.9	93.4	285.5	132.7	102.7	2395.2
2010	36.1	156.1	216	351.6	384.7	353.9	342.8	251.7	278.6	215.3	274.9	152.5	3014.2
2011	129.2	158.5	287.5	617.2	335.6	394	148.5	158.4	237	155.4	398.4	253.3	3273
2012	153.4	117	346.1	374.6	253	103.5	96.6	178.4	30.8	231.5	47.5	64.9	1997.3
2013	17.4	108.6	177.7	352	386.2	217.7	158.2	177.4	152.8		112	198.8	2058.8
2014	74.8	109											183.8
2015	88	149	134.1	390.6		322.6							1084.3
MEDIOS	60.1	102.3	183.1	280.2	294.3	207.4	174.7	177	212.3	259.6	195.7	112.9	2259.7
MAXIMOS	203.5	205	426.7	617.2	506.2	394	342.8	413.1	486	441	398.4	287.7	617.2
MINIMOS	8	27.7	52.9	87	174.9	24.4	47	54.4	30.8	105.3	47.5	31.9	8

Fuente: IDEAM.

Realizando el análisis estadístico con medidas de tendencia central, de dispersión y de forma; se tiene las siguientes tablas y el histograma de frecuencia absoluta y acumulada, que describen estadísticamente los valores presentados en la tabla anterior. Este análisis se presenta en la siguiente tabla destacando que en 42 años registrados la precipitación media fue de 188,2 mm.

TABLA 15. Análisis estadístico valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas

VARIABLE	VALOR
No. de años	42
No. Total meses	504
No. Meses registrados	475
Precipitación Máx.	617.2 mm
Precipitación Mín.	8.0 mm
Precipitación Media	188.2 mm
Desviación Estándar	104.7 mm
Mediana	180.7 mm
Rango	609.2 mm
Intervalos	10
Rango de intervalo	61.0 mm

Fuente: Ospam Ingeniería, 2015 – Adaptó autores.

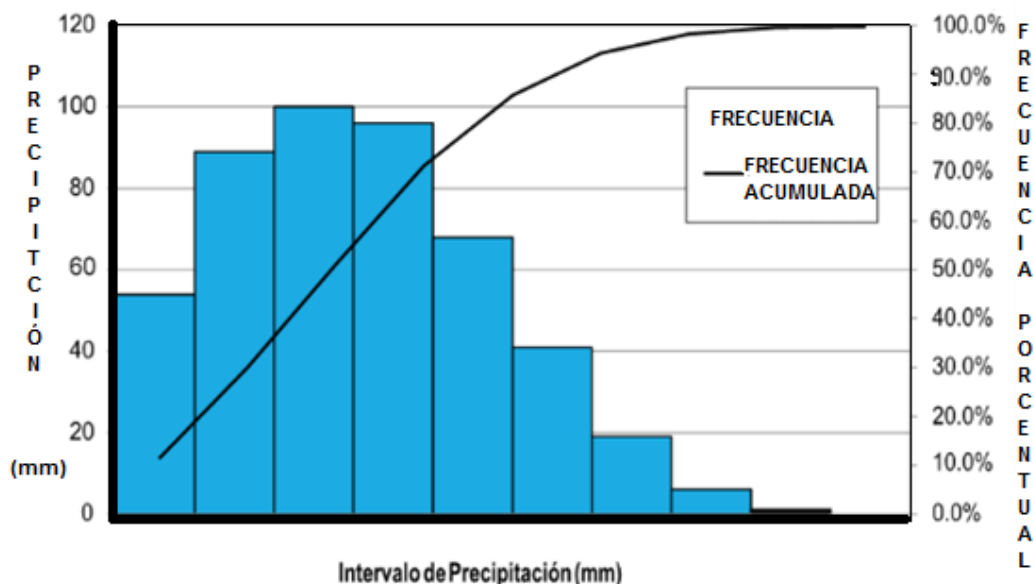
A continuación se procedió a la evaluación y elaboración del cálculo del histograma de frecuencias según los valores máximos mensuales de precipitación en 24 hr.

TABLA 16. Cálculo del histograma de frecuencia - valores máximos mensuales en 24 horas.

No.	Intervalo	Límite Máx. Intervalo	Frecuencia	Porcentaje Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje F. Acumulada
1	0 - 61	61	54	11.4%	54	11.4%
2	61 - 122	122	89	18.7%	143	30.1%
3	122 - 183	183	100	21.1%	243	51.2%
4	183 - 244	244	96	20.2%	339	71.4%
5	244 - 305	305	68	14.3%	407	85.7%
6	305 - 366	366	41	8.6%	448	94.3%
7	366 - 427	427	19	4.0%	467	98.3%
8	427 - 488	488	6	1.3%	473	99.6%
9	488 - 549	549	1	0.2%	474	99.8%
10	549 - 610	610	0	0.0%	474	99.8%
11	610 - 671	671	1	0.2%	475	100.0%

Fuente: Ospam Ingeniería, 2015 – Adaptó autores.

FIGURA 20. Histograma de frecuencia - valores máximos mensuales en 24 horas



Fuente: Ospam Ingeniería, 2015 – Adaptó autores.

Como se puede observar los datos presentan una tendencia unimodal en el intervalo de 122 a 183mm. Además, se observa que la tendencia de los datos son sesgados hacia la derecha; obteniendo que las lluvias máximas diarias más recurrentes varían en el rango de 61 hasta 244 mm.

En la siguiente tabla se muestran los promedios mensuales multianuales de los valores máximos de precipitación en 24 horas, expresados en milímetros y como porcentaje respecto al promedio multianual general, incluyendo los valores de desviación estándar (en mm y porcentaje) para cada mes del año.

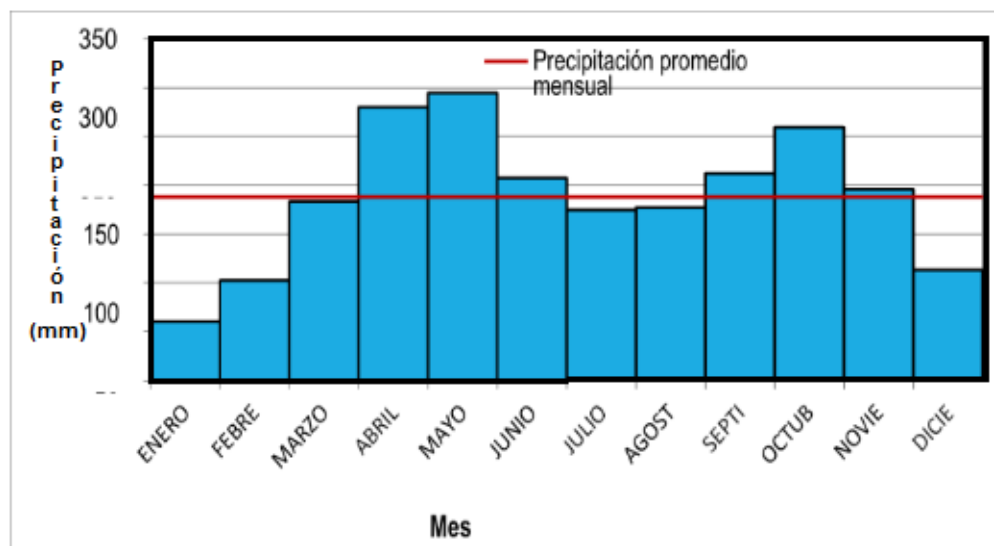
Tabla 9. Valores máximos de precipitación mensual (24h) multianual y desviaciones estándar

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Pm (mm)	60.1	102.3	183.1	280.2	294.3	207.4	174.7	177.0	212.3	259.6	195.7	112.9	2259.6
σ (mm)	49.2	53.2	99.3	102.8	84.0	87.8	68.8	87.4	88.6	83.2	75.0	63.0	104.5
Pm (%)	2.7	4.5	8.1	12.4	13.0	9.2	7.7	7.8	9.4	11.5	8.7	5.0	100.0
Pm: Precipitación media máxima 24h mensual σ : Desviación Estándar													

Fuente: Ospam Ingeniería, 2015 – Adaptó autores.

En la siguiente gráfica se muestra el histograma de los promedios mensuales multianuales de los valores máximos de precipitación en 24 horas obtenido a partir de la información obtenida del IDEAM.

FIGURA 21. Histograma de valores máximos precipitación mensual (24h) multianual



Fuente: Ospam Ingeniería, 2015 – Adaptó autores.

Se identifica, que abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre, son los meses con mayor ocurrencia de aguaceros de alta intensidad de precipitación durante el año. Mientras que, enero y febrero son los meses con menor intensidad de precipitación en 24 horas (promedio multianual). La precipitación promedio máxima multianual en un día es de 15.4 mm.

5.3.1 Análisis Estadístico Del Número De Días Mensuales De Precipitación

Con base a la información obtenida del IDEAM, se representa el número de días con lluvias a nivel multianual para cada mes.

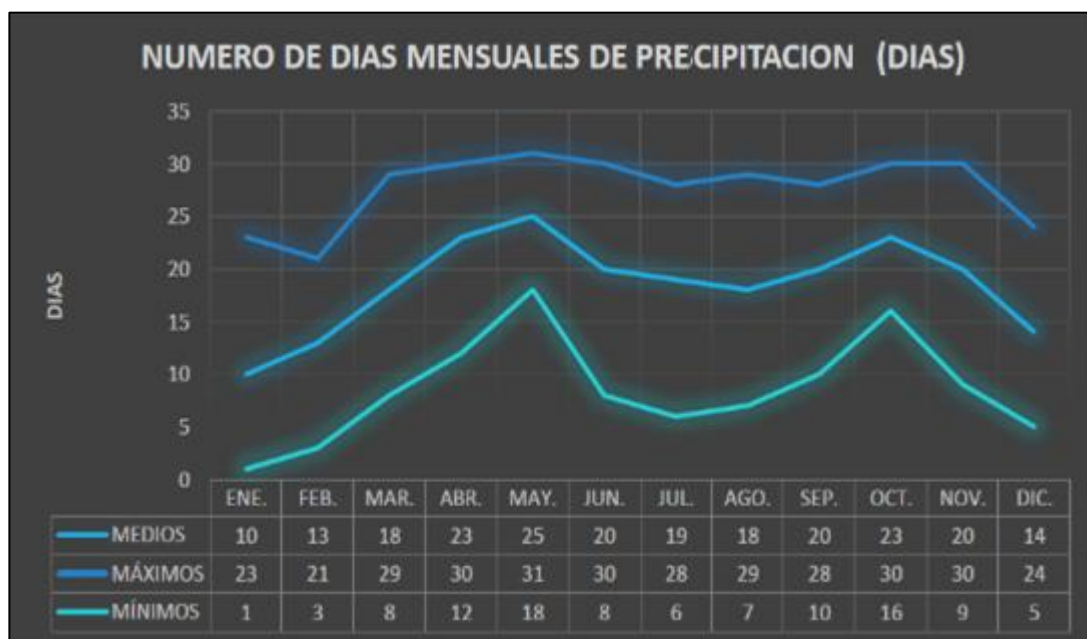
TABLA 17. Número de días mensuales de precipitación multianual

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIOS	10	13	18	23	25	20	19	18	20	23	20	14	224
MÁXIMOS	23	21	29	30	31	30	28	29	28	30	30	24	31
MÍNIMOS	1	3	8	12	18	8	6	7	10	16	9	5	1

Fuente: Ospam Ingeniería, 2015 – Adaptó autores.

A continuación se muestra el histograma de la tabla 17 considerando los valores medios, máximos y mínimos de cada mes a nivel multianual.

FIGURA 22. Número de días mensuales de precipitación



Fuente: Ospam Ingeniería, 2015 – Adaptó autores.

De este análisis se puede notar que en promedio los meses con días más lluviosos en el histórico multianual son abril, mayo y octubre.

Como síntesis del análisis estadístico del régimen de lluvias, se puede decir que durante los meses de diciembre, enero y febrero son recomendables para llevar a cabo labores de construcción debido que son los menos lluviosos. En los demás meses se presentan mayor frecuencia e intensidad de lluvias, especialmente los meses de abril, mayo, octubre y noviembre, en donde las lluvias podrían llegar a entorpecer el normal desarrollo de las labores constructivas.

5.4 CURVAS DE INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA – IDF

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos. La metodología seleccionada para la estimación de las curvas IDF es la planteada en el Numeral 2.6.6.3 del Manual de Drenaje de Carreteras 2009 del INVIAS, el cual expone el método simplificado.

5.4.1 CÁLCULO DE CURVAS IDF POR MÉTODO SIMPLIFICADO

La metodología simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia se debe llevar a cabo siempre y cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta duración (datos pluviográficos).

Para Colombia se propone el método que se presenta en la referencia bibliográfica “VARGAS M.R., DÍAZ-GRANADOS O.M., Universidad de los Andes, “Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia”, Santafé de Bogotá, 1998.”. En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración-frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación.

La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de ser la más práctica de utilizar.

La expresión resultante está dada por:

$$= \frac{a \times T^b \times M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Dónde:

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual.

t: Duración de la lluvia, en minutos (min).

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados como se presenta en el siguiente gráfico y la siguiente tabla.

FIGURA 23. Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d



Fuente: Manual De Drenaje de Carreteras INV-2008

TABLA 18. Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad-
duración- frecuencia, IDF, para Colombia

REGIÓN		A	B	C	D
Andina	(R1)	0.940	0.18	0.66	0.83
Caribe	(R2)	24.850	0.22	0.5	0.1
Pacífico	(R3)	13.920	0.19	0.58	0.2
Orinoquía	(R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente: Manual De Drenaje de Carreteras INV-2009

El departamento de Boyacá pertenece a la Región Andina (R1) y el valor de precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual es de 37.9 mm (M).

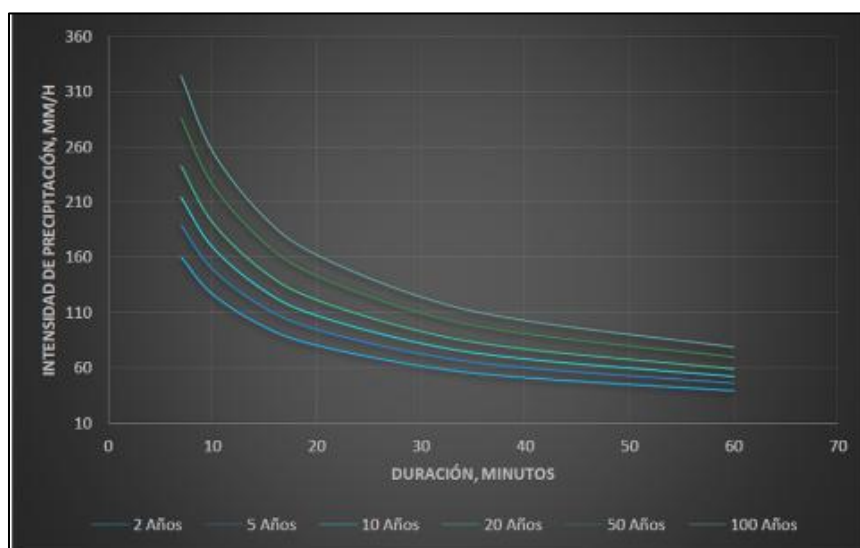
Según la información suministrada por el IDEAM, se toma en cuenta la tabla 18 Precipitación máxima anual histórica en 24 Horas, para la construcción de las curvas sintéticas.

TABLA 19. Precipitación máxima anual histórica en 24 Horas

PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL HISTÓRICA EN 24 HORAS		PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL HISTÓRICA EN 24 HORAS	
Año	P _{máx24h}	Año	P _{máx24h}
1974	94	1998	104.5
1975	95	1999	107.1
1976	79	2000	113
1977	70	2001	75
1978	79	2002	40
1979	56	2003	102.7
1980	44	2004	101
1981	68	2005	77
1982	65	2006	72.5
1983	50	2007	71.2
1984	73	2008	73.2
1985	85	2009	72.7
1986	62	2010	59.4
1987	80	2011	86.3
1988	41.2	2012	55.5
1989	135	2013	67
1990	54	2014	41
1991	41.5	2015	209.5
1992	49.5	Número de datos	42
1993	70	Media	76.1
1994	85	Desv. Est., δ	30.03
1995	71.5		
1996	70		
1997	50.5		

Siguiendo la metodología del método simplificado se obtienen las siguientes curvas IDF con su respectiva tabla de construcción generalizada para el área de drenaje en estudio

FIGURA 24. Curvas IDF



Fuente: IDEAM. Curvas IDF.

TABLA 20. Datos de construcción Curva IDF

DURACIÓN (min)	PERÍODO DE RETORNO					
	2 Años	5 Años	10 Años	20 Años	50 Años	100 Años
7	160.23	188.96	214.07	242.52	286.01	324.01
10	126.62	149.33	169.17	191.65	226.02	256.05
15	96.89	114.27	129.45	146.65	172.95	195.93
20	80.14	94.51	107.06	121.29	143.04	162.05
30	61.32	72.32	81.93	92.81	109.46	124.00
40	50.72	59.81	67.76	76.76	90.53	102.56
60	38.81	45.77	51.85	58.74	69.27	78.48
90	29.70	35.02	39.68	44.95	53.01	60.05
120	24.56	28.97	32.81	37.17	43.84	49.67
180	18.79	22.16	25.11	28.45	33.55	38.01
360	11.89	14.03	15.89	18.00	21.23	24.05
480	9.84	11.60	13.14	14.89	17.56	19.89
600	8.49	10.01	11.34	12.85	15.16	17.17
720	7.53	8.88	10.06	11.39	13.44	15.22
1440	4.76	5.62	6.37	7.21	8.50	9.63

Fuente: IDEAM. Curvas IDF.

5.5 ANÁLISIS DE CAUDALES Y NIVELES

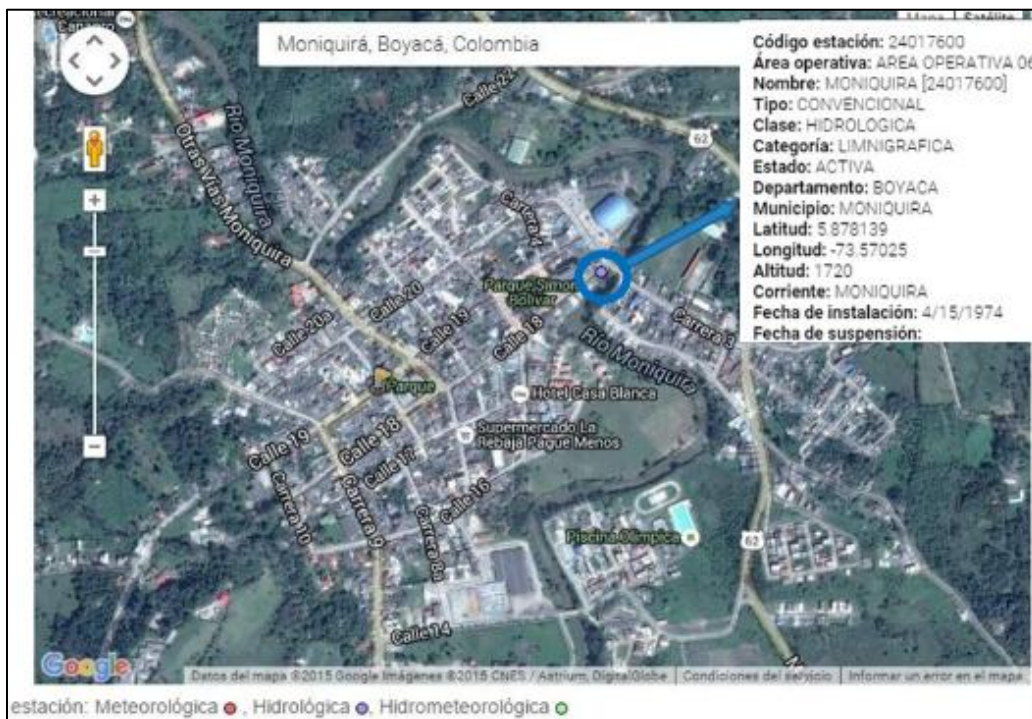
Con el fin de establecer el régimen de caudales del Río Moniquirá en el área de influencia urbana, se adelantó la consecución de información de la estación del IDEAM Limnigráfica MONIQUIRA [24017600]

TABLA 21. Datos estaciones IDEAM

ESTACIÓN IDEAM LIMNIGRAÁFICA MONIQUIRÁ	
Código	2229
Nombre	MONIQUIRA [24017600]
Corriente	MONIQUIRA
Elevación	Elevación: 1720.0 Latitud: 5.878138888889 Longitud: -72.42975
Municipio	MONIQUIRA
Tipo	Limnigráfica Principal

Fuente: IDEAM

FIGURA 25. Ubicación espacial de la estación Hidrológica



Fuente: Ospam Ingeniería, 2015 – Adaptó autores

De estas estaciones se efectuó la consecución de información de un registro histórico de 42 años de la siguiente información:

- Valores máximos mensuales de caudales en (m³/seg)
- Valores medios mensuales de caudales en (m³/seg)
- Valores mínimos mensuales de caudales en (m³/seg)
- Valores máximos mensuales de niveles en (cm)
- Valores medios mensuales de niveles en (cm)
- Valores mínimos mensuales de niveles en (cm)

5.5.1 Análisis estadístico valores máximos mensuales de Caudales

Para la zona de estudio, la estación del IDEAM predominante es la Limnigrafica de Moniquirá, de la cual se tienen los valores máximos mensuales de caudales, los cuales se presentan en la Tabla 22. Valores máximos mensuales de Caudales.

TABLA 22. Valores máximos mensuales de Caudales

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE CAUDALES (m ³ /seg)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
1965	1.695	3.795	7.064	13.9	21.1	5.119	5.748	5.97	5.83	11.09	24	17.24	10.21
1966	2.64	2.71	5.258	8.698	10.04	3.121	4.764	4.268	3.382	13.68	21.08	20.51	8.35
1967	5.545	4.915	7.58	14.85	23.8	15.81	8.412	6.969	5.254	7.522	17.08	9.904	10.64
1968	1.695	3.2	8.731	19.28	22.29	20.55	10.24	6.895	9.79	17.53	17.81	12.35	12.53
1969	1.695	3.305	5.731	16.87	21.66	8.523	5.556	4.971	4.534	22.32	22.96	11.05	10.77
1970	2.745	2.92	5.473	8.698	10.3	2.677	5.484	5.378	3.814	29.19	33.72	25.3	11.31
1971	5.895	7.785	14.63	27.92	30.5	22.88	12.71	9.078	10.65	16.45	20.51	13.28	16.02
1972	8.38	10.27	9.644	21.77	35.68	24.21	13.69	11.48	7.306	7.81	13.39	8.5	14.34
1973	1.695	2.92	4.742	7.537	8.745	2.122	5.676	6.266	14.58	16.85	28.52	21.92	10.13
1974	4.225	5.03	8.46	19.4	26.37	9.063	6.165	3.684	15.78	33.12	44.54	12.94	15.73
1975	2.377	4.243	6.906	8.52	28.19	10.25	15.87	9.542	11.1	20.98	36.15	24.64	14.9
1976	6.055	6.659	24.87	27.46	25.07	11.32	5.416	3.135	3.36	18.34	18.49	7.432	13.13
1977	2.287	1.289	4.316	7.347	4.994	5.623	4.29	5.265	7.4	15.34	30.56	4.577	7.77
1978	1.673	2.055	5.213	31.74	15.1	13.43	7.085	3.123	4.596	15.66	12	11.33	10.25
1979	2.513	2.182	8.103	21.69	23.36	22.99	6.819	5.806	12.01	35.25	54.19	14.7	17.47
1980	4.729	6.403	3.636	5.069	6.324	8.063	2.994	1.934	2.367	15.55	10.85	6.916	6.24
1981	4.019	3.9	4.423	24.47	55.07	15.78	6.706	5.235	6.65	11.52	22.75	8.161	14.06

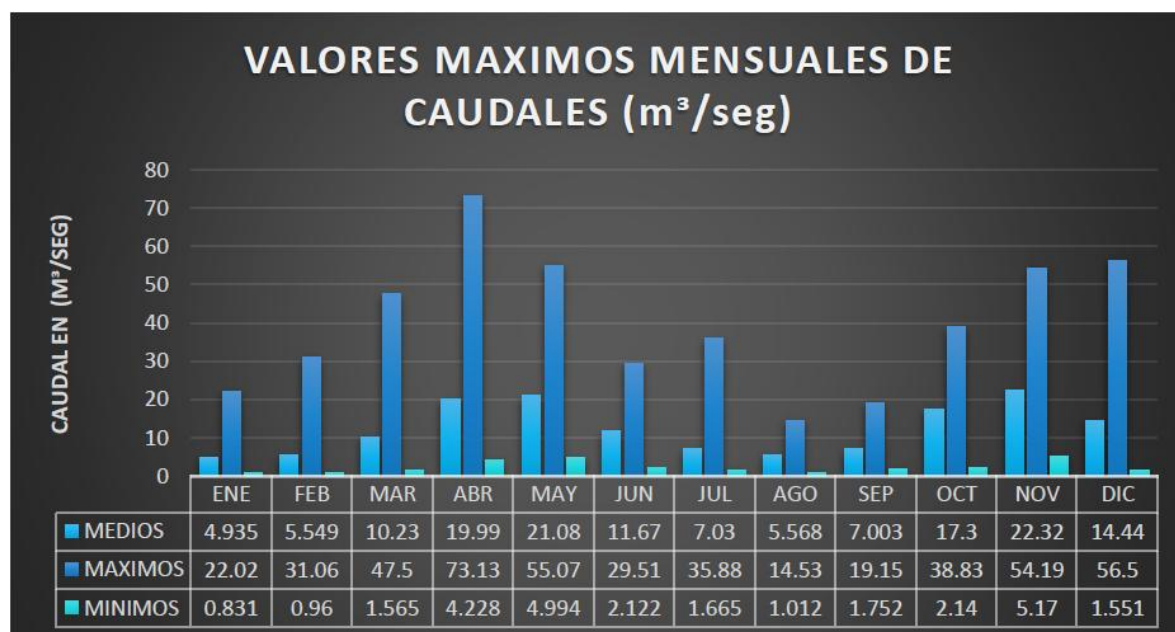
VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE CAUDALES (m ³ /seg)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
1982	10.14	10.13	16.95	40.35	28.59	5.89	3.265	2.268	3.133	22.37	12.42	8.097	13.63
1983	2.906	1.539	2.465	15.46	22.31	9.833	2.216	1.819	1.887	5.681	6.403	9.31	6.82
1984	5.555	11.89	7.731	11.92	19.83	18.41	11.66	6.787	19.15	18.47	17.9	8.124	13.12
1985	2.581	1.229	2.394	7.353	12.1	2.637	1.665	3.955	5.76	22.1	19.63	17.15	8.21
1986	2.706	4.996	5.474	10.77	9.442	8.103	2.765	2.016	2.983	33.84	28.91	4.897	9.74
1987	2.152	2.647	4.774	8.071	16.48	4.282	5.27	8.867	8.209	32.71	19.73	12.78	10.5
1988	1.768	2.7	1.565	6.95	9.158	9.123	6.235	8.113	12.87	20.27	44.77	23.75	12.27
1989	9.977	8.896	18.14	10.68	10.1	6.383	4.211	3.846	5.328	11.33	9.762	4.979	8.64
1990	2.59	2.046	5.548	21.2	19.29	8.26	3.932	1.574	2.83	21.88	20.19	13.9	10.27
1991	2.388	1.927	11.09	11.77	21.76	6.788	3.28	2.477	2.93	6.186	25.37	9.213	8.77
1992	2.183	6.548	2.814	4.228	7.741	4.587	2.067	2.205	2.604	3.141	7.378	10.05	4.63
1993	3.906	3.225	7.123	16.36	33.75	5.679	3.829	2.073	4.912	6.995	28.05	20.1	11.33
1994	6.639	10.79	27.34	33.05	20.65	9.87	7.635	3.984	5.813	24.48	31.63	11.42	16.11
1995	3.138	2.274	12.83	8.966	8.878	9.155	7.889	9.467	3.866	13.07	16.28	23.5	9.94
1996	6.045	6.948	17.61	12.66	16.27	16.13	13.07	6.979	4.709	17.46	10.97	9.863	11.56
1997	10.82	6.253	3.545	10.93	7.435	8.318	2.247	1.545	1.752	2.14	5.601	1.551	5.18
1998	0.831	1.046	3.309	26.54	25.64	11.99	5.817	6.886	9.408	18.5	22.71	16.58	12.44
1999	14.8	31.06	25.25	26.72	13.04	10.02	5.029	3.816	9.627	25.21	23.83	28.93	18.11
2000	5.184	7.991	20.69	20.92	21.9	20.62	11.16	6.299	15.08	17.85	14.68	5.911	14.02
2001	3.93	1.441	6.121	7.133	14.44	8.182	3.078	2.49	8.927	14.01	11.88	13.15	7.9
2002	2.3	2.7	11.5	34.5	20.1	22.3	5	2.8	4.5	7.5	11.9	11.1	11.35
2003	1.6	2.4	11.9	23.6	10.1	13.4	3.2	4.7	5.2	18.8	36.7	23.3	12.91
2004	2.213	0.96	4.927	25.65	24.15	9.801	8.627	8.602	5.529	14.44	13.73	10.05	10.72
2005	11.52	8.277	7.752	13.3	31.13	29.51	2.893	1.012	1.989	15.05	17.25	16.7	13.03
2006	6.996	2.867	12.42	44.12	32.77	11.18	3.105	2.213	3.944	16.93	28.57	24.05	15.76
2007	2.263	1.794	8.737	25.85	18.25	11.07	3.758	4.768	3.083	19.54	14.21	11.73	10.42
2008	8.39	6.045	6.106	16.25	26.81	18.15	12.35	14.53	12	14.62	36.69	16.48	15.7
2009	10.93	11.79	22.59	21.41	16.77	4.644	2.935	4.222	2.197	6.394	5.17	3.197	9.35
2010	1.357	1.802	5.415	20.43	28.8	19.14	35.88	12.1	14.67	18.73	41.23	30.44	19.17
2011	10.86	11.15	47.5	73.13	53.19	24.32	15.41	13.21	15.58	38.83	53.6	56.5	34.44
2012	22.02	18.36	21.55	64.2	32.28	14.68	11.78	12.35	9.822	15.28	14.96	9.549	20.57

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE CAUDALES (m ³ /seg)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
2013	1.251	4.582	3.327	19.88	31.26	7.784	5.61	5.867	4.457	15.87	12.89	10.34	10.26
MEDIOS	4.935	5.549	10.23	19.99	21.08	11.67	7.03	5.568	7.003	17.3	22.32	14.44	12.26
MÁXIMOS	22.02	31.06	47.5	73.13	55.07	29.51	35.88	14.53	19.15	38.83	54.19	56.5	73.13
MINIMOS	0.831	0.96	1.565	4.228	4.994	2.122	1.665	1.012	1.752	2.14	5.17	1.551	0.83

Fuente: IDEAM.

A partir de los datos anteriores se puede observar en la [Figura 26](#), la distribución gráfica de los datos para los diferentes meses del año.

FIGURA 26. Valores máximos mensuales de caudales.



Fuente: Ospam Ingeniería, 2015 – Adaptó autores.

De la anterior gráfica se puede deducir, que los valores máximos de caudales en el Rio Monquirá según las mediciones de la estación limnigráfica del municipio, son mayores en los meses de Abril, Mayo, Octubre y Noviembre; siendo esta información representativa con las intensidades de precipitación recibidas en la época.

5.5.2 Análisis Estadístico Valores Máximos Mensuales De Niveles.

Para la zona de estudio, la estación del IDEAM predominante es la Limnigráfica de Moniquirá, de la cual se tienen los valores máximos mensuales de niveles, los cuales se presentan en la Tabla 23.

TABLA 23. Valores máximos mensuales de Niveles

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE NIVELES (cm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
1974					388	248	210	195	410	404	510	261	510
1975	126	205	258	242	390	278	399	256	226	408			408
1976	203	210	362	354	385	208	159	146	185	331	406	215	406
1977	121	164	270	213	182	246	248	206	258	227	335	164	335
1978	115	181	242	500	240	323	236	156	203	384	269	335	500
1979	199	178	247	423	500	380	292	271	272	454	680	259	680
1980	159	219	203	235	278	266	180	180	209	373	264	304	373
1981	217	238	220	377	602	330	288	254	229	347	352	226	602
1982	264	261	300	594	404	170	151	137	210	469	304	260	594
1983	166	140	189	261	610	340	148	159	160	235	225	237	610
1984	240	244	267	491	493	366	408	266	488	494	316	284	494
1985	167	129	198	258	369	159	153	238	219	532	478	368	532
1986	185	225	211	259	310	282	182	165	199	400	551	265	551
1987	141	200	304	308	306	170	352	262	223	530	240	260	530
1988	144	172	148	201	210	190	190	274	294	372	463	334	463
1989	228	223	327	272	275	242	186	193	245	363	235	209	363
1990	203	188	235	572	536	210	278	150	230	360	400	644	644
1991	147	149	253	237	506	190	159	191	140	195	260	280	506
1992	175	200	148	204	267	276	176	179	214	191	238	280	280
1993	185	159	222	296	306	170	136	182	219	212	350	350	350
1994	180	240	400	409	312	227	193	160	211	322	336	273	409
1995	137	170	312	252	204	226	412	348	189	310	240	346	412
1996	187	270	286	248	335	399	285	352	227	356	187	205	399
1997	210	159	144	191	192	181	135	129	145	145	195	170	210
1998	113	137	238	300	556	449	163	210	328	281	338	310	556
1999	228	360	316	340	292	264	182	217	275	320	250	430	430
2000	172	277	294	340	358	597	312	252	363	374	229	158	597

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE NIVELES (cm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
2001	148	132	238	188	375	190	158	163	308	423	241	424	424
2002	140	162	233	358	326	288	190	155	166	211	250	295	358
2003	138	161	240	320	190	254	178	220	220	260	360	400	400
2004	135	116	165	352	372	211	196	179	187	283	289	220	372
2005	185	160	160	280	343	273	170	150	215	270	353	283	353
2006	193	156	240	531	432	215	140	140	190	310	411	404	531
2007	135	125	340	504	353	282	152	220	153	351	324	250	504
2008	287	205	205	291	435	357	268	404	294	334	500	250	500
2009	240	220	499	454	462	329	162	185	167	250	206	221	499
2010	127	176	254	622	611	351	525	459	331	348	411	445	622
2011	300	284	498	717	602	377	330	288	302	441	566	588	717
2012	271	332	341	673	428	422	251	263	171	288	270	180	673
2013	118	217	206	370	505	218	251	229	186	1536	306	266	1536
MEDIOS	180	199	262	360	381	279	230	220	237	367	337	299	279
MAXIMOS	300	360	499	717	611	597	525	459	488	1536	680	644	1536
MINIMOS	113	116	144	188	182	159	135	129	140	145	187	158	113

De la anterior información se obtiene la distribución de los niveles del río Moniquirá en la siguiente tendencia anual ilustrada en la Figura 17.

FIGURA 27. Valores máximos mensuales de caudales



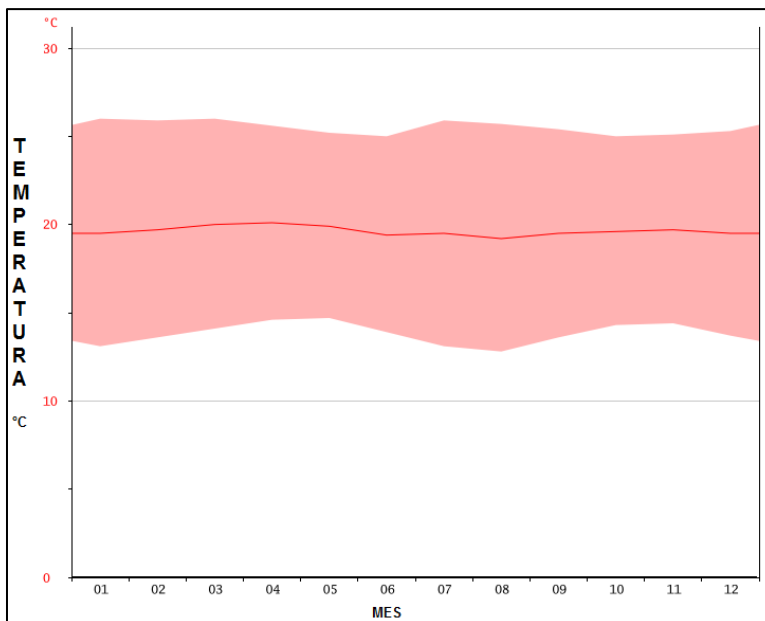
Fuente: Ospam Ingeniería, 2015 – Adaptó autores.

De acuerdo con la anterior gráfica, se establece que los niveles del río para los meses Abril, Mayo, Octubre y Noviembre son los más altos, estas temporadas son coherentes con la distribución de caudales y precipitaciones que se presentan para estas temporadas.

5.6 TEMPERATURA

Las temperaturas son más altas en promedio en abril, alrededor de 20.1 ° C. agosto tiene la temperatura promedio más baja del año. Es 19.2 ° C.

FIGURA 28. Diagrama de temperatura



Fuente: <https://es.climate-data.org/location/27786/>

5.6.1 Temperatura media

La distribución de la temperatura media multianual alcanza sus máximos valores en proximidades a la confluencia ribereña del Río Moniquirá con el Río Suarez; con oscilaciones entre 20 y 22 °C, mientras que al suroeste y sureste varían entre 12 y 16 °C. En el resto del municipio su variación se da entre los 16 y 20 °C.

5.6.2 Temperatura Valores Extremos

Los valores mínimos de temperatura multimensual se presentan en el suroeste y sureste del municipio con valores entre los 20 y 24 °C. Mientras que para los otros sectores, las máximas oscilan entre 24 y 28 °C.

5.6.3 Temperatura Valores Mínimos

Los valores mínimos de temperatura multimensual se presentan al suroeste y sur este del municipio, con registros entre 12 y 16 °C. Mientras que para el resto del municipio, varía entre 8 y 12 °C.

FIGURA 29. Datos históricos de Temperatura

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura media (°C)	19.5	19.7	20	20.1	19.9	19.4	19.5	19.2	19.5	19.6	19.7	19.5
Temperatura mín. (°C)	13.1	13.6	14.1	14.6	14.7	13.9	13.1	12.8	13.6	14.3	14.4	13.7
Temperatura máx. (°C)	26	25.9	26	25.6	25.2	25	25.9	25.7	25.4	25	25.1	25.3
Precipitación (mm)	76	85	164	268	306	192	154	163	200	282	203	108

Fuente: <https://es.climate-data.org/location/27786/>

5.7 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa en este municipio oscila porcentualmente entre 75 y 85. Mientras que en una porción muy pequeña ubicada al norte, se registran humedades entre los 75 y 80 %,

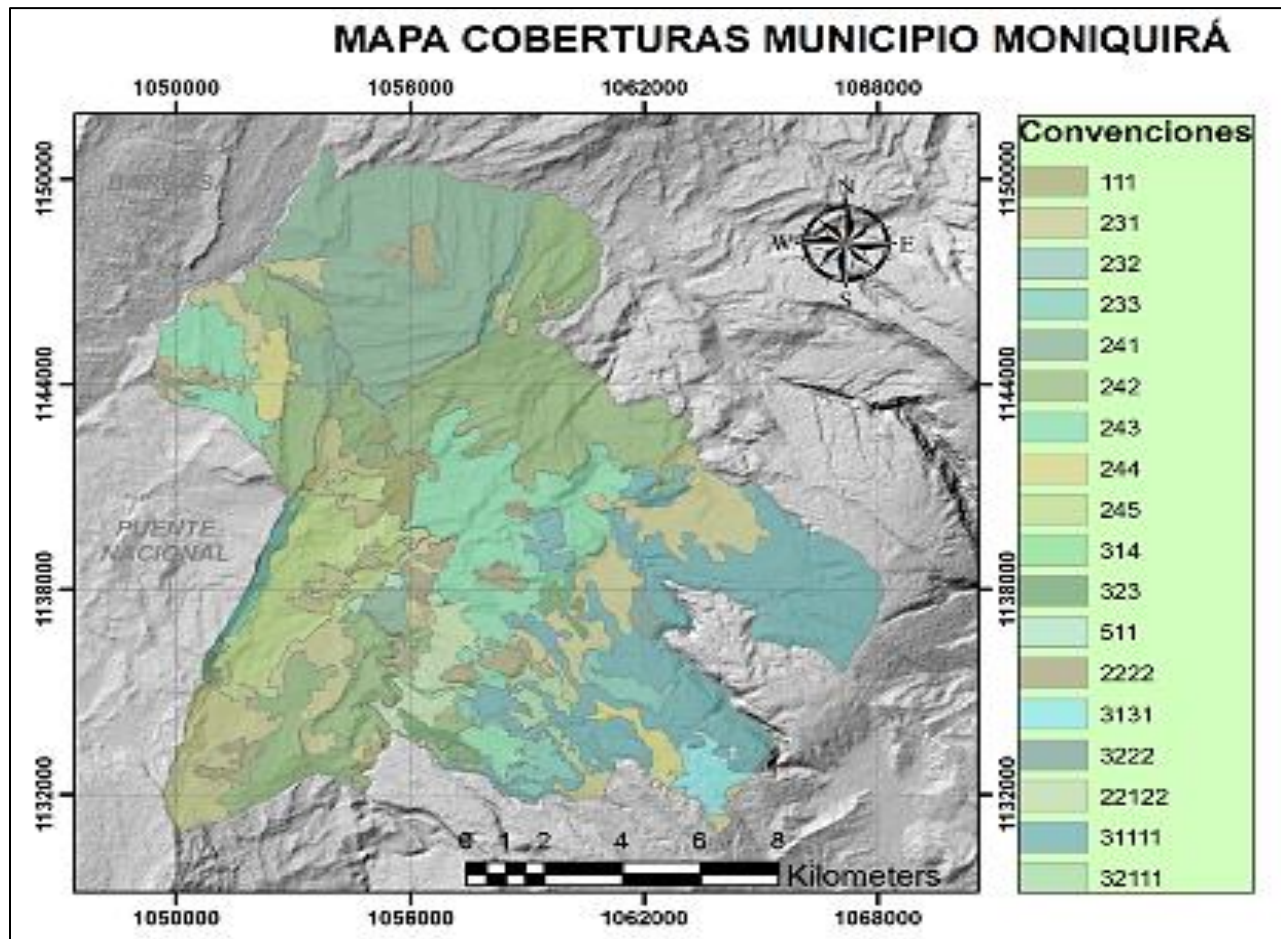
5.8 VIENTOS

Predominan en esta región los vientos en dirección Oriente (este–oeste), con algunas variaciones m frecuentes del Este al Nor-este con velocidades que varían entre 4 Km/hr hasta 7 Km/hr, según algunas veletas instaladas en algunos molinos y trapiches (PBOT Moniquira, 2013).

5.9 COBERTURA VEGETAL

La cobertura vegetal es la expresión integral de la interacción entre los factores bióticos y abióticos sobre un espacio determinado, es decir es el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos biológicos vegetales característicos, los cuales conforman unidades estructurales y funcionales.

FIGURA 30. Porcentaje por área de Cobertura vegetal Municipio de Moniquirá.



Fuente: PBOT – Adaptó autores

6 COMPONENTE HIDROLÓGICO

6.1 HIDROLOGÍA E HIDROGRAFÍA

La cuenca hidrográfica se considera un sistema ambiental organizado, de relaciones complejas al interior y exterior de ella, en donde los componentes (naturales, socioeconómicos y culturales) están definidos por estructuras y procesos que conforman un sistema de sustentación adaptado. (PBOT Moniquirá, 2003)

La red hidrográfica del Municipio, está comprendida por la cuenca superior del Río Magdalena, por la cuenca mayor del Río Suárez, por las subcuencas de los Ríos Moniquirá, Pómeca y Ubaza, a cada una de ellas le tributan una serie de microcuencas y quebradas como componentes generales del sistema hidrográfico municipal.

TABLA 24. Jerarquización hidrográfica municipio de Moniquirá.

CUENCA SUPERIOR	CUENCA MAYOR	SUBCUENCAS	MICROCUENCAS	QUEBRADAS
RÍO MAGDALENA	RÍO SUÁREZ	RÍO MONIQUIRÁ	1. Q. Negra	
			2. Q. La Capona	Q. Zapatera
			3. Q. La Naranja	Q. La Paz
				Q. La Raíz
				Q. Puente Mugre
				Q. Las Gachas
				Q. Guanito
				Q. Monte
				Q. La Picura
			4. Q. San Miguel	Q. San Antonio
			5. Q. La Caña	
			6. Q. La Saraza	
			7. Q. La Piquera	Q. La Chorrera
			8. Q. Piñitas	
			9. Q. Lichal	Q. La Lajita
				Q. Beltranes
				Q. Portales
				Q. Seca
			10. Q. La Lajita	Q. San Isidro o Tenedea

CUENCA SUPERIOR	CUENCA MAYOR	SUBCUENCAS	MICROCUENCAS	QUEBRADAS
			11. Q. La Sicha	Q. Sicha Pequeña
				Q. La Laja
				Q. La Leche
				Q. Sicha Chiquita
				Q. Pescadero
				Q. El Masato
				Q. La Honda
			12. Q. Puente Tierra	
			13. Q. La Colorada	Q. Matecaña
				Q. Vena
			14. Q. La Saravia	Q. El Infierno
			15. Q. La Churumbelas	
			16. Q. Puente Bonita	
			17. Q. Zambrano	
			18. Q. Las Lajas	
			19. Q. Las Vacas	
		RÍO UBAZA	20. Q. La Salada	Q. La Burra
			21. Q. El Torno	
			22. Q. Dilos	
			23. Q. Jordán	
			24. Q. Buenos Aires	Q. El Chovo
			25. Q. N.N.	
			26. Q. Salitre	Q. La Parásita o San Martín
			27. Q. Hormas	Q. El Parto
			28. Q. Raizal	
			29. Q. Pozos Negros	
		RÍO PÓMECA	30. Q. La Campana	
			31. Q. La Gloria	

Fuente: (PBOT Moniquira, 2003)

6.1.1 Cuenca Mayor del Río Suárez

El Río Suárez nace en la laguna de Fúquene, en el Departamento de Cundinamarca, a una altura de 2.577 m.s.n.m. y constituye su único desagüe natural. Recorre primero 32 km en territorio Boyacense y después de breve trecho en que abandona el suelo de Boyacá, vuelve a él para servir de línea divisoria con el Departamento de Santander. En el Municipio de Moniquirá y antes de su desembocadura con el R. Moniquirá, solamente sirve de límite de las veredas de Maciegal y San Vicente; drena con sentido SW-NE hasta cercanías del municipio de Zapatoca, en donde vierte sus aguas al río Chicamocha para formar el río Sogamoso, el cual tributa sus aguas al río Magdalena.

El régimen hidrológico de esta fuente es el siguiente (POT Moniquira, 2003, pág. 23):

Q. Mínimo: 3.5 m³/seg.

Q. Medio: 16.2m³/seg.

Q. Máximo: 75.1m³/seg.

6.1.2 Subcuenca del Río Moniquirá

El Río Moniquirá ocupa un típico valle interandino longitudinal y nace a una cota de 3590 m.s.n.m. el páramo de Rabanal en linderos del Departamento de Cundinamarca. Baña los Municipios de Ráquira, Sutamarchan, Tinjaca, Villa de Leyva, Santa Sofía, Gachantiva y Moniquirá. Después de su confluencia con los ríos Sutamarchan y Sáchica, drena con dirección SN hasta el Municipio de Moniquirá; allí cambia su rumbo con sentido SE-NW, hasta su desembocadura en el Río Suárez, en jurisdicción del municipio de Barbosa. Atraviesa el Municipio de Moniquirá de sur a norte en un trayecto aproximado de 26.73 km, siendo el receptor de importantes quebradas como la Sicha, La Honda Chiquita, la Honda Grande, La Capona, La Saravia y la Saraza (POT Moniquira, 2003, pág. 23).

Esta subcuenca es la principal dentro del Municipio de Moniquirá, por su régimen hidrológico durante el año y porque suple las necesidades apremiantes de la población ribereña a lo largo de su recorrido. Al atravesar el casco urbano municipal recibe los vertimientos sólidos y líquidos producidos por las diferentes actividades domésticas, industriales, complejos urbanísticos y recreacionales. Esta vertiente presenta el siguiente comportamiento:

Q. Mínimo: 1,49 m³/seg.

Q. Medio: 19,01 m³/seg.

Q. Máximo: 55,07 m³/seg.

El Río Moniquirá a lo largo de su nacimiento hasta desembocar al Río Suárez, tiene una longitud de 64 Kilómetros abarcando las veredas de Pantanillo, Beltrán, La Capilla y Chovo; teniendo como afluentes más representativas las siguientes microcuencas que nacen en la cuchilla del granadillo a una altitud aproximada de 2.600 m.s.n.m:

Vereda Pantanillo: La colorada Q. La Capona, Q. Pozo Nutria, Q. Martín
Vereda Beltrán: Q. La Zapatera, Q. Naranjal, Q. La Raíz.
Vereda Capilla: Q. Monte, Q. La Zapera, Q. Caliche y caño San Ramón.
Vereda Chovo: Q. Naranjal, Q. La Honda, Honda Chiquita, Q. Honda Grande, Q. La caña, Q. La Saraza, Q. La Saravia.

6.1.3 Subcuenca del Río Pómeca

Este Río es el segundo en importancia dentro del Municipio de Moniquirá, nace en el municipio de Arcabuco en el Alto de Morronero a una cota de 2600 m.s.n.m. y corre paralelo a la carretera central del Norte, hasta internarse en el municipio de Moniquirá en sentido sur este a noreste, en una zona abrupta y bastante montañosa. En forma natural y por el alto grado de pendiente se conforman los siguientes tres (3) grandes saltos (POT Moniquira, 2003, pág. 23):

Salto del Diablo (también llamado Cañón).
Salto del Pómeca, que tiene una altura no menor de 80 metros.
Salto del Zorro Colgado.

A partir de esta vertiente se tiene proyectado el acueducto Regional del Norte; recibe importantes quebradas como son: La Hormas, Los Micos, Pozos Negros, Peligro y Pedregal. Sirve de límite de divisorio de cinco (5) veredas del Municipio de Moniquirá; la subcuenca se encuentra una zona muy quebrada y se encañona para formar los saltos de agua mencionados que son muy inaccesibles lo que permite que sus márgenes y el área circundante conserven aún su vegetación nativa protectora. El Río Pómeca atraviesa al Municipio de Moniquirá en una longitud aproximada de 16.9 Km. Presenta esta fuente el siguiente comportamiento:

Q. Mínimo: 1,41 m³/seg.
Q. Medio: 27,3 m³/seg.
Q. Máximo: 80,3 m³/seg.

6.1.4 Subcuenca del Río Ubaza

El Río Ubaza nace en una zona boscosa limítrofe entre los municipios de Toguí y Moniquirá, en la confluencia de las vertientes Pescadero y Toguí, a una altura aproximada de 2.150 m.s.n.m, drena con dirección SE-NW a través de un cañón profundo con laderas que tienen 400 m de altura hasta la cota 1.950 m.s.n.m., en donde el río entra en una llanura aluvial bastante amplia hasta su desembocadura en el Suárez. El recorrido en el municipio de Moniquirá es de aproximadamente 10.92 Km y deslinda las veredas de Ubaza, Jordán, Canoas y San Rafael. Sus principales afluentes son las siguientes microcuencas (POT Moniquira, 2003, pág. 23).

Q. El Torno, Q. La Salada, Q. La Burra, Q. El Jordán, Q. Díltos y Q. La Laja.
El Río Ubaza presenta el siguiente régimen hidrológico:

Q. Mínimo: 2,7 m³/seg.

Q. Medio: 35,3 m³/seg.

Q. Máximo: 98,0m³/seg.

6.2 SISTEMA HIDROGRÁFICO URBANO

El asentamiento urbano se fundó de conformidad con las normas derivadas de las Leyes de Indias cercanos a una fuente hídrica, en este caso el río Moniquirá. El sistema hidrográfico urbano se describe a continuación:

- ✓ La Quebrada Sarabia con su afluente la Quebrada el Infierno por la margen izquierda y por su margen derecha un drenaje NN.
- ✓ Por la margen izquierda, en sentido sur norte aguas abajo, le tributan en su orden, la Quebrada la Caña que discurre en predios cercanos al Centro vacacional de Comfaboy; la Quebrada Sarasa en el sector del comando de Policía y bordeando el actual cementerio.
- ✓ La Quebrada Puente Bonito y la Cañada Sarabia que tributan en el margen oriental en el sector del Condominio Villa Luz y la Estación Guadalajara respectivamente.
- ✓ Dos cañadas NN a la altura del Condominio La Esmeralda en el actual perímetro urbano nor-occidental.
- ✓ El zanjón de drenaje que tributa por la margen occidental en el sector de la Urbanización Los Cardenales y el lindero sur de la Industria Licorera.
- ✓ La Quebrada NN que por el margen oriental tributa en predios del Condominio Los Sauces.
- ✓ La Quebrada NN que por el margen oriental del Río Moniquirá tributa a la altura de Comfaboy.

Este conjunto de tributarios, aportan sus aguas conformando un sistema natural de drenaje que interviene el área urbana sujeto a los efectos del desarrollo urbano por contaminación con aguas servidas, invasión de áreas de protección y generación de amenazas por acción antrópica.

El Río Moniquirá y su conjunto de afluentes, constituyendo una red ambiental y pública con carácter estructurante, que debe ser tomado en cuenta como organizador de la misma trama del municipio y del crecimiento de éste; actualmente, el río es involucrado solamente como colector de aguas negras, afectado por altos niveles de contaminación. El crecimiento del área urbana, ha venido ampliando sus efectos sobre el conjunto de quebradas, drenajes y demás canales, alterando su condición natural y degradando su estructura biótica; la ausencia de control del desarrollo urbano, la informalidad urbanística propia de pequeñas ciudades en expansión, y el

mal uso del suelo urbano, se constituyen en los factores generadores de la afectación del sistema hídrico en cuestión.

6.2.1 Longitud del sistema hídrico.

Dentro del actual perímetro urbano se desarrollan un total de 9.458 ml (9.45 km) entre ríos, quebradas, drenajes y cañadas; según la siguiente referenciación:

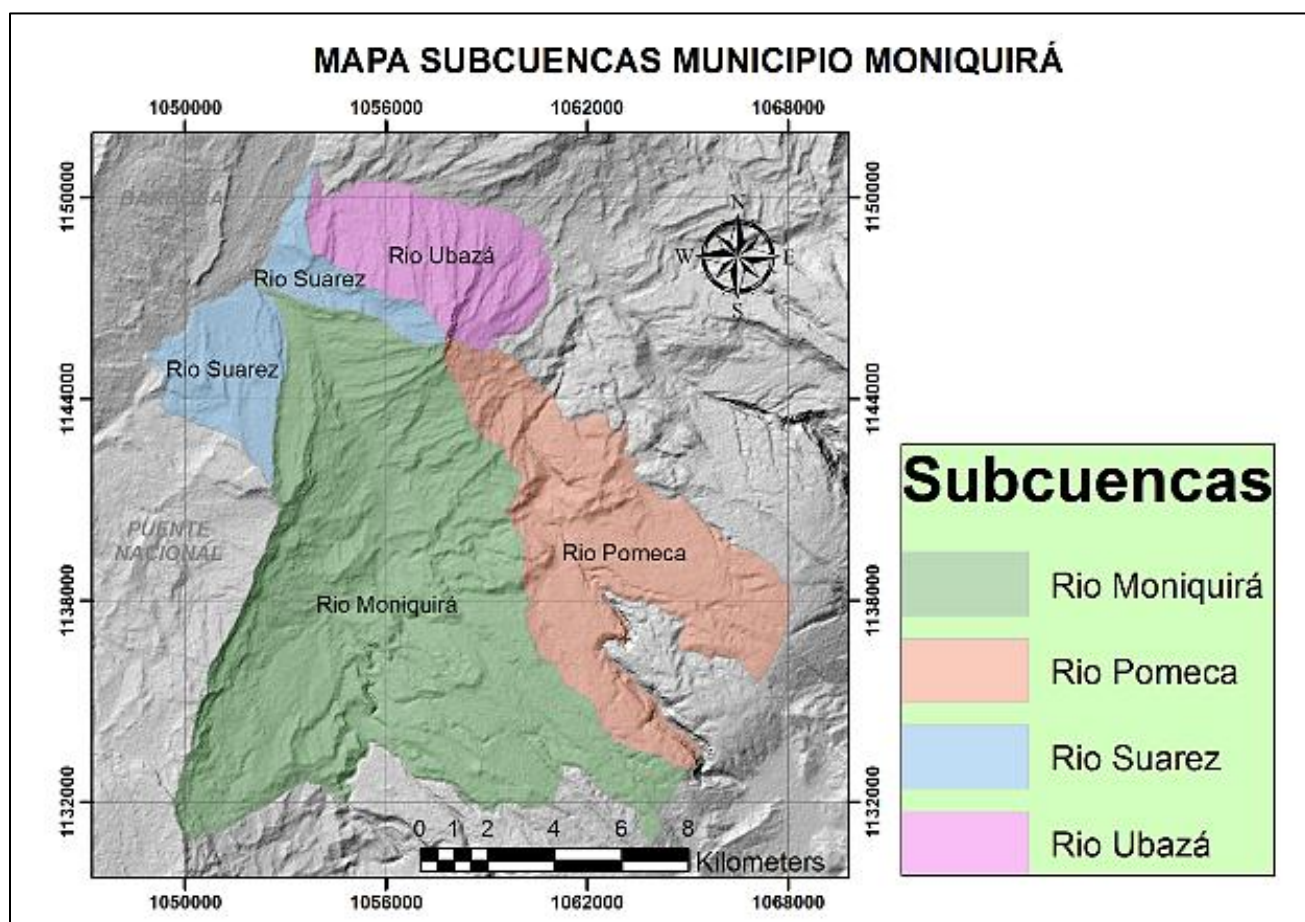
TABLA 25. Longitud del sistema hídrico

RÍO / QUEBRADA	LONGITUD (ml)	LONGITUD (km)
Río Moniquirá	4.873	4,87
Quebrada Sarasa	758	0,75
Quebrada NN	540	0,54
Quebrada Sarabia	1.041	1,04
Quebrada La Caña	959	0,95
Cañadas y drenajes	1.286	1,28
Total Ríos	4.873	4,87
Total Quebradas	3.298	3,29
Total cañadas y drenajes	1.286	1,28
TOTAL SISTEMA HÍDRICO	9.457	9,45

Fuente: PBOT. 2013.

Este conjunto de elementos representan uno de los sistemas urbanos con mayor relevancia dentro de la estructura urbana en la medida en que se convierten en elementos articuladores del sistema ambiental. Asumiendo como criterio inicial, que para tales elementos, se tome un área de protección ambiental correspondiente a una franja de 60 metros de ancho, obtendríamos un total de 567.420 m² (56.7 Ha.), de área de protección ambiental. Esto significa que frente al total del área del perímetro urbano actual, el sistema hídrico representa un 18.9% del total; valor altamente significativo e importante como factor de planeamiento del desarrollo urbano sostenible.

FIGURA 31. Mapa Subcuencas Municipio de Monquirá



Fuente: Autores

Todos ellos mantienen una continua y particular interacción con los aprovechamientos y desarrollos productivos de sus habitantes y quienes residen en las áreas de subcuencas y zonas colindantes.

Con el fin de determinar de manera más precisa el comportamiento de los sistemas de drenaje sobre el territorio inherente al área de estudio, se realiza la división, en unidades de área más pequeñas, llamadas subcuencas hidrográficas que para nuestro caso se obtiene; la subcuenca del río Ubaza con un área de 23,28km², limitando con la subcuenca del Río Suarez, definida al noroccidente del Municipio de Monquirá, con un área de 21,94 km², la subcuenca del Río Pómea con un área de 51,44 km²; delimitando el territorio al oriente del municipio y finalmente la subcuenca del río Monquirá; siendo la más representativa para la zona de estudio con un área de 121,61 km², en la que se localiza el casco urbano de Monquirá

6.3 DENSIDAD DE DRENAJE

Indica la capacidad que presenta una cuenca para evacuar las aguas que discurren por su superficie. Está definido por la fórmula

$$Dd = \frac{\sum Lc_i}{A}$$

Dónde:

Lc - Longitud total de los cursos de agua (perennes o intermitentes) en Km.

Ac - Área de la cuenca (Km²)

Dd < 0.5, cuenca mal drenada.

Dd > 3.5, cuenca bien drenada.

Factores condicionan la Densidad de Drenaje:

Menor densidad de drenaje:

- ✓ Materiales del terreno resistentes a la erosión, suelos muy permeables.
- ✓ Pendientes suaves.

Mayor densidad de drenaje:

- ✓ Materiales erosionables.
- ✓ Suelos impermeables.

TABLA 26. Densidad de drenaje cauces principales.

CUENCA	AREA (Km ²)	LONGITUD (Km)	DENSIDAD DE DRENAJE
Río Suárez	21,93	71,85	3,27
Río Moniquirá	121,61	317,05	2,60
Río Pómeca	51,44	150,76	2,93
Río Ubaza	23,28	29,67	1,27

Fuente: Autores

7 METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN SIG

7.1 METODOLOGÍA

A partir de los criterios para clasificar las amenazas por inundación, se han desarrollado diferentes metodologías para la elaboración de estos mapas. Dentro de las metodologías evaluadas para el propósito inherente a este proyecto; se tiene:

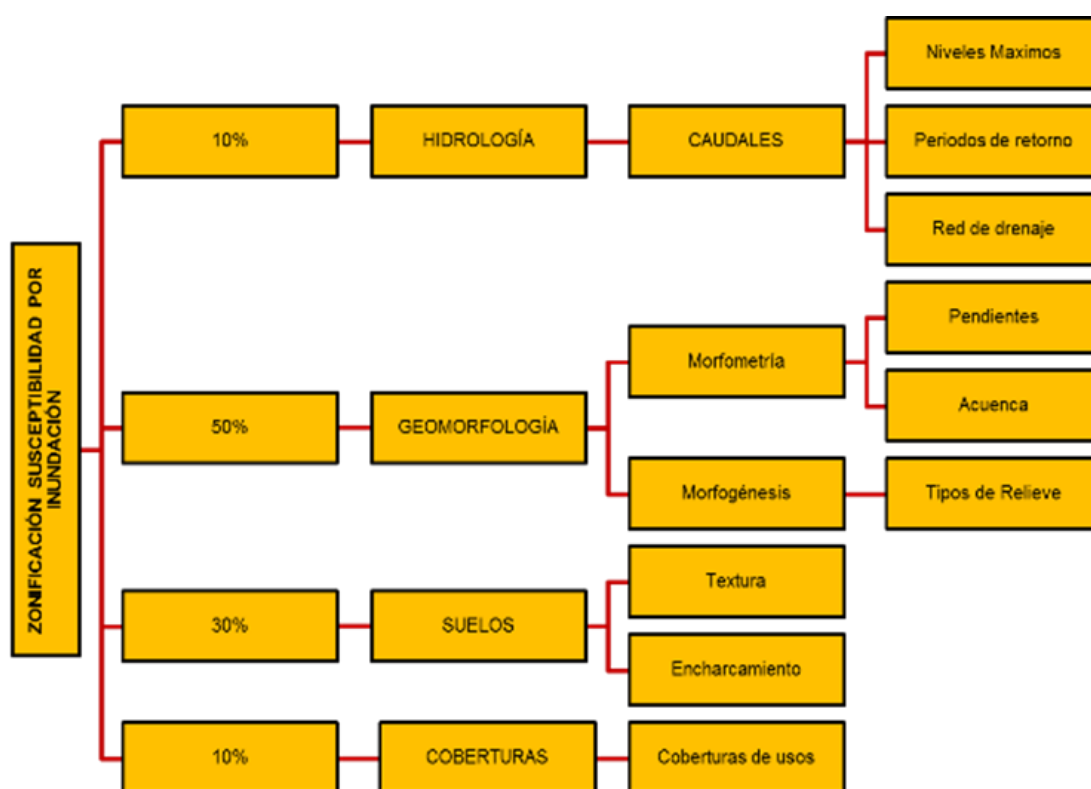
- Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos PREDES, Perú (Olga Lozano cortijo), aplicada, una vez se cuente con la evaluación de amenazas y un diagnóstico físico del centro urbano en estudio. Es una metodología sencilla en su implementación, en la que se combina lo cualitativo con lo cuantitativo y, donde lo fundamental es la asignación de la ponderación y los valores a las variables establecidas.

En este caso, fue tomada en cuenta para el análisis de vulnerabilidad; atendiendo a los materiales predominantes de la construcción, alturas de la edificación, el estado de conservación de las edificaciones (externos), el emplazamiento al borde del río o cursos de agua y las zonas bajas con respecto a la vía.

- Metodología SUFRI Strategies of Urban Flood Risk Management (estrategias de gestión del riesgo por inundación en centros urbanos). El principal objetivo del proyecto SUFRI radica en la mejora de la gestión del riesgo de inundación mediante medidas estructurales y no estructurales.
- Guía Metodológica para la elaboración de Mapas de Inundación, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, esta guía se tuvo como pauta para uniformizar la elaboración de mapas de inundación y como referente para el análisis e interpretación de este tipo de cartografías, orientado particularmente a las acciones de reglamentación de uso del suelo y gestión territorial.
- Diseño Metodológico para la Elaboración de Mapas de Peligrosidad por Inundaciones: Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG). Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Programa de Estudios Geográficos (PROEG). Universidad Nacional de Luján, Argentina. (ISSN 1852-8031). Esta metodología fue la base del marco referencial y metodológico para el desarrollo del presente proyecto, debido a su mediano grado de complejidad en su interpretación.
- Metodología de zonificación ambiental de cuencas hidrográficas, (IGAC): la cual permitió, enfatizar en los conceptos de susceptibilidad y los procesos amenazantes; y la manera eficaz para su esquematización.

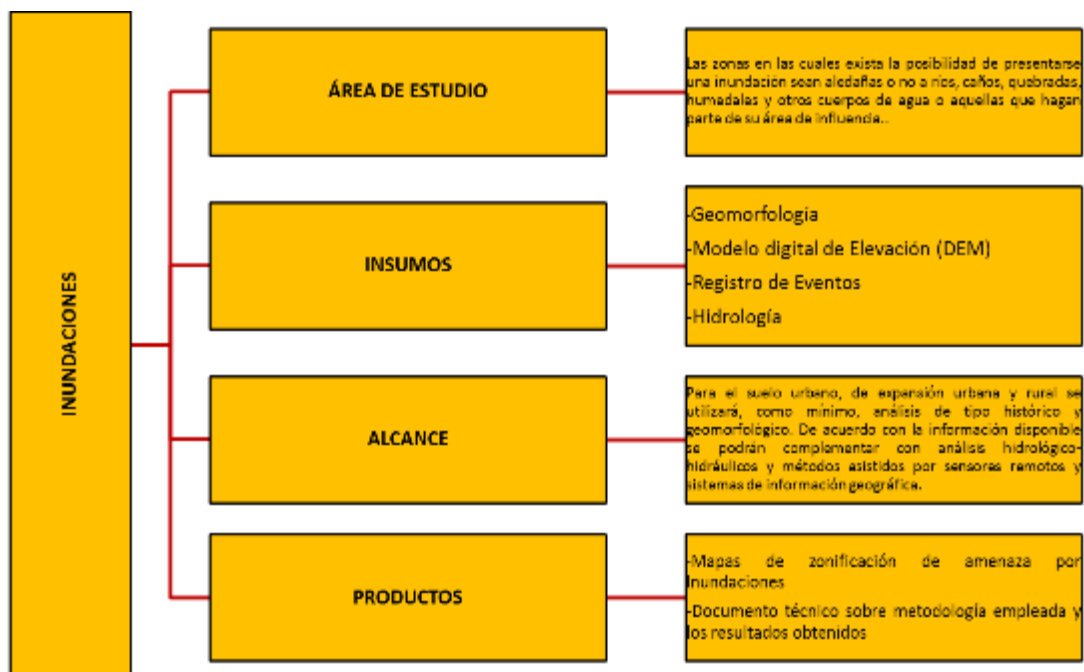
Para la zonificación del suelo rural del municipio de Monquirá, se implementó la Metodología IGAC, dentro de la cual se realiza el estudio de las variables de geomorfología, suelos y cobertura de la tierra. Adicionalmente se realiza un análisis hidrológico, con la información recolectada de las estaciones meteorológicas influyentes en el municipio. Finalmente, se reclasifican los mapas temáticos para cada una de las variables analizadas con su respectiva ponderación, los cuales son digitalizados en ArcGIS, para la obtención del mapa final de susceptibilidad y amenaza por inundación.

FIGURA 32. Metodología IGAC, para la Zonificación de Susceptibilidad por Inundación



Fuente: (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2014)

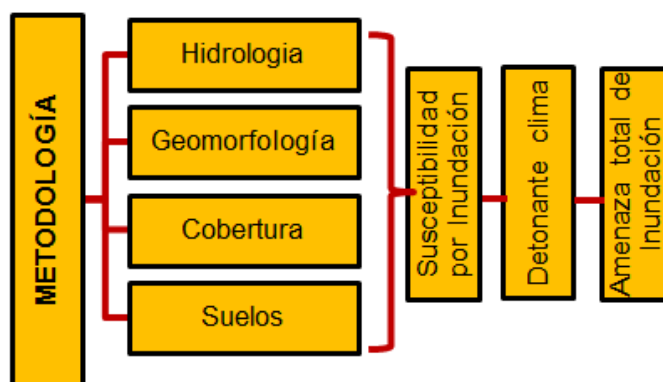
FIGURA 33. Metodología para la Zonificación de Amenaza por Inundación Decreto 1807 de 2014, Capítulo 1, Artículo 9.



Fuente: Decreto 1807 de 2014, capítulo 1, artículo 9.

7.2 INUNDACIONES ZONA RURAL

FIGURA 34. Metodología para la Zonificación de Amenaza por Inundación Zona Rural Escala 1:25000



Fuente. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2014. Adaptó autores

8 SUSCEPTIBILIDAD POR INUNDACION

8.1 ZONIFICACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD

8.1.1 Análisis de susceptibilidad de la densidad de drenajes

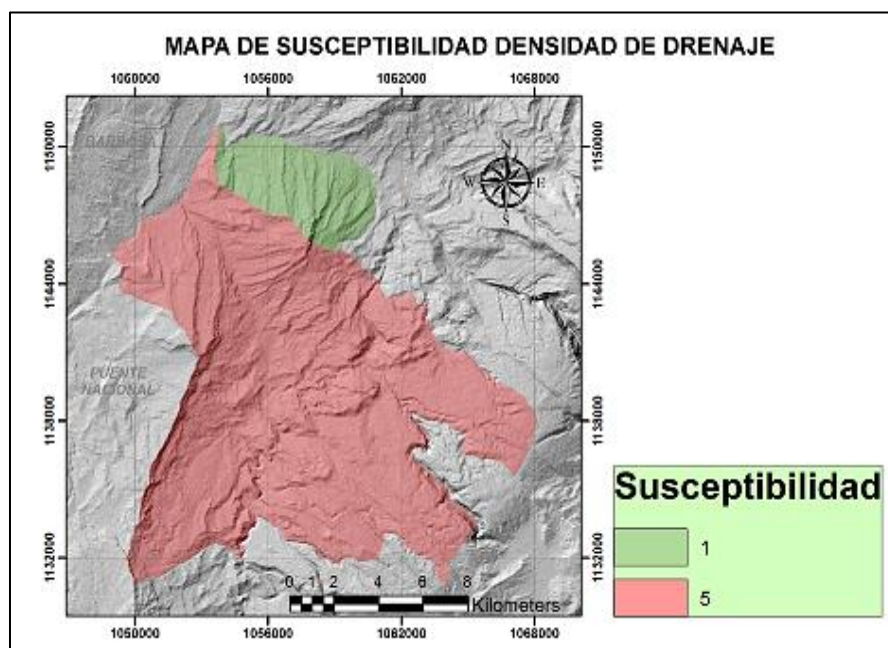
Para tres de las cuatro cuencas estudiadas se obtuvieron valores de la densidad de drenaje mayores a 2.43 (con excepción del Río Ubaza), lo que permite calificarla como susceptibilidad muy alta significando que son cuencas bien drenadas.

TABLA 27. Valores de la densidad de drenaje

INTERVALO	CALIFICACIÓN	SUSCEPTIBILIDAD
<1,305	1	Muy Baja
1,305 - 1,544	2	Baja
1,545 - 2,104	3	Media
2,105 - 2,430	4	Alta
>2,431	5	Muy Alta

Fuente: Autores

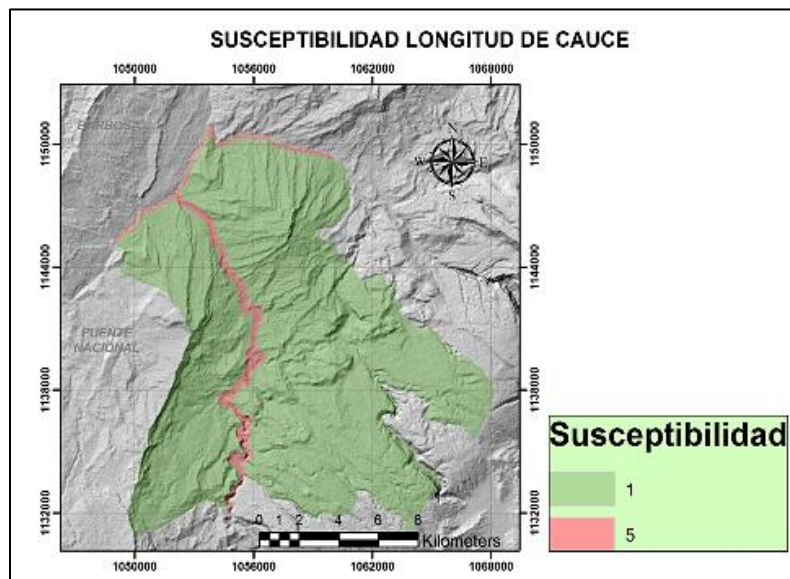
FIGURA 35. Mapa de susceptibilidad de densidad de drenajes



Fuente: Autores

Las veredas Ubaza, Jordán, Canoas y San Rafael hacen parte de la cuenca del Río Ubaza, dada su densidad de drenaje hace que se encuentre en un nivel de susceptibilidad muy bajo, por el contrario las cuencas del Río Pómeca, Río Suárez y el Río Monquirá se encuentran en un nivel de susceptibilidad a inundación muy alto.

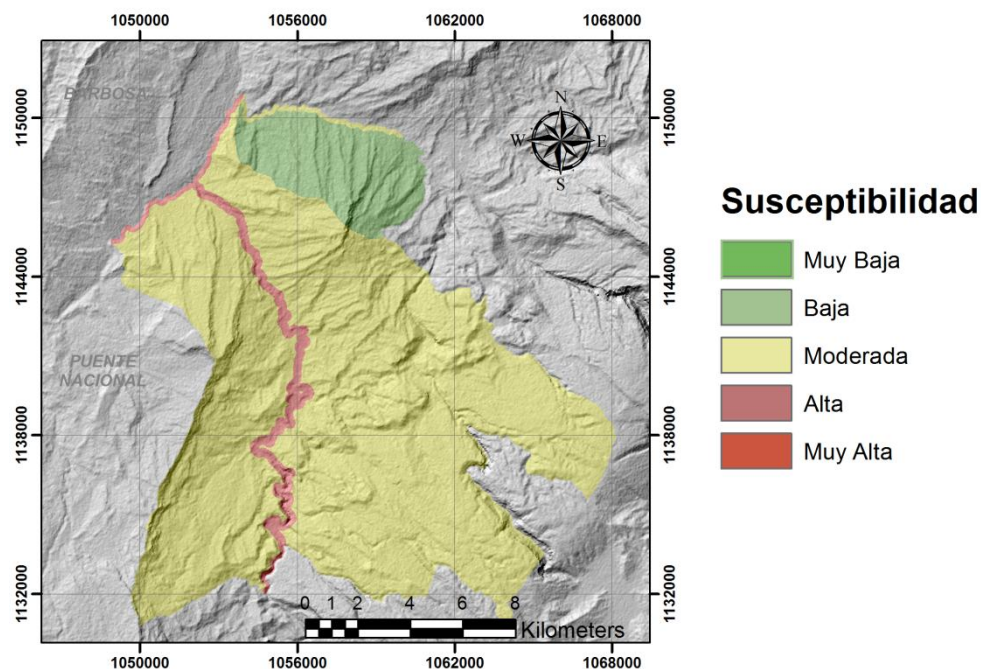
FIGURA 36. susceptibilidad de la Longitud del cauce principal



Fuente: Autores

Puede observarse una susceptibilidad muy alta exclusivamente a lo largo de la ronda hídrica del Río Moniquirá, el Río Suárez y el Río Ubaza, el resto del municipio se encuentra en nivel de susceptibilidad muy bajo.

FIGURA 37. Mapa de Susceptibilidad de Inundación por Hidrología



Fuente: Autores

Logra observarse que las zonas con susceptibilidad muy alta pertenecen a toda la ronda hídrica del Río Moniquirá, la susceptibilidad alta corresponde a la ronda hídrica del Río Suárez, límite con el municipio de Barbosa; el resto del municipio se encuentra en susceptibilidad moderada exceptuando las veredas Ubaza, Jordán, Canoas y San Rafael que se encuentran en un nivel de susceptibilidad a inundación por hidrología bajo.

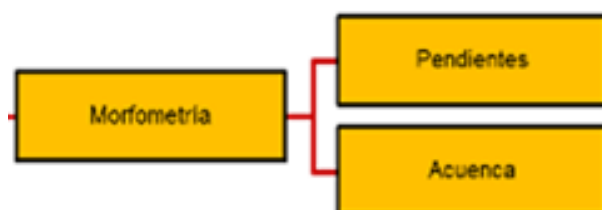
8.1.2 Mapa de Susceptibilidad de Inundación por Geomorfología

Para la determinación de la susceptibilidad por geomorfología, se establece la superposición de los mapas obtenidos por morfometría y morfogénesis. Las subunidades geomorfológicas encontradas en el municipio de Moniquirá son calificadas a través del atributo de morfogénesis.

8.1.3 Mapa de Susceptibilidad de Inundación por Morfometria

En la clasificación por morfometria para susceptibilidad de inundación se tiene en cuenta los siguientes parámetros.

FIGURA 38. Parámetros evaluados por morfometría para susceptibilidad por inundación.



Fuente: Autores

8.1.3.1 Pendientes

De acuerdo con la metodología su evaluación atiende a: pendientes bajas y terrenos llanos presentan favorecimiento a la acumulación de agua, por tanto la posibilidad de inundación es mayor (5); mientras que para pendientes altas y terrenos escarpados son muy pequeñas o nulas (1). Esta clasificación se presenta a continuación.

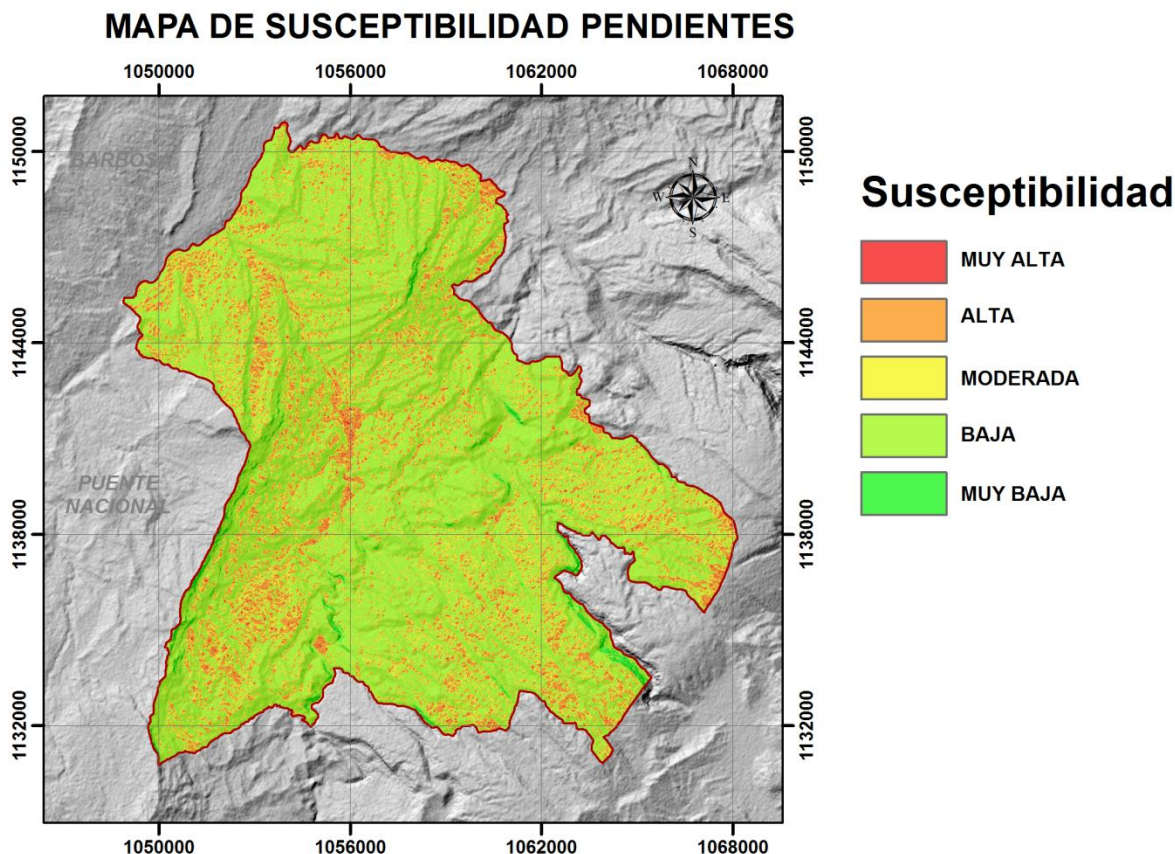
TABLA 28. Clasificación de susceptibilidad de inundaciones por pendiente

VALOR DE PENDIENTES (%)	CLASIFICACIÓN
0 - 3	5
3 - 10	4
10 - 15	3
15 - 75	2
75 - 1800	1

Fuente: Autores

Aplicando la clasificación a las pendientes presentes en el municipio de Moniquirá se obtiene el mapa mostrado en la FIGURA 39.

FIGURA 39. Mapa de Susceptibilidad de inundación por pendientes



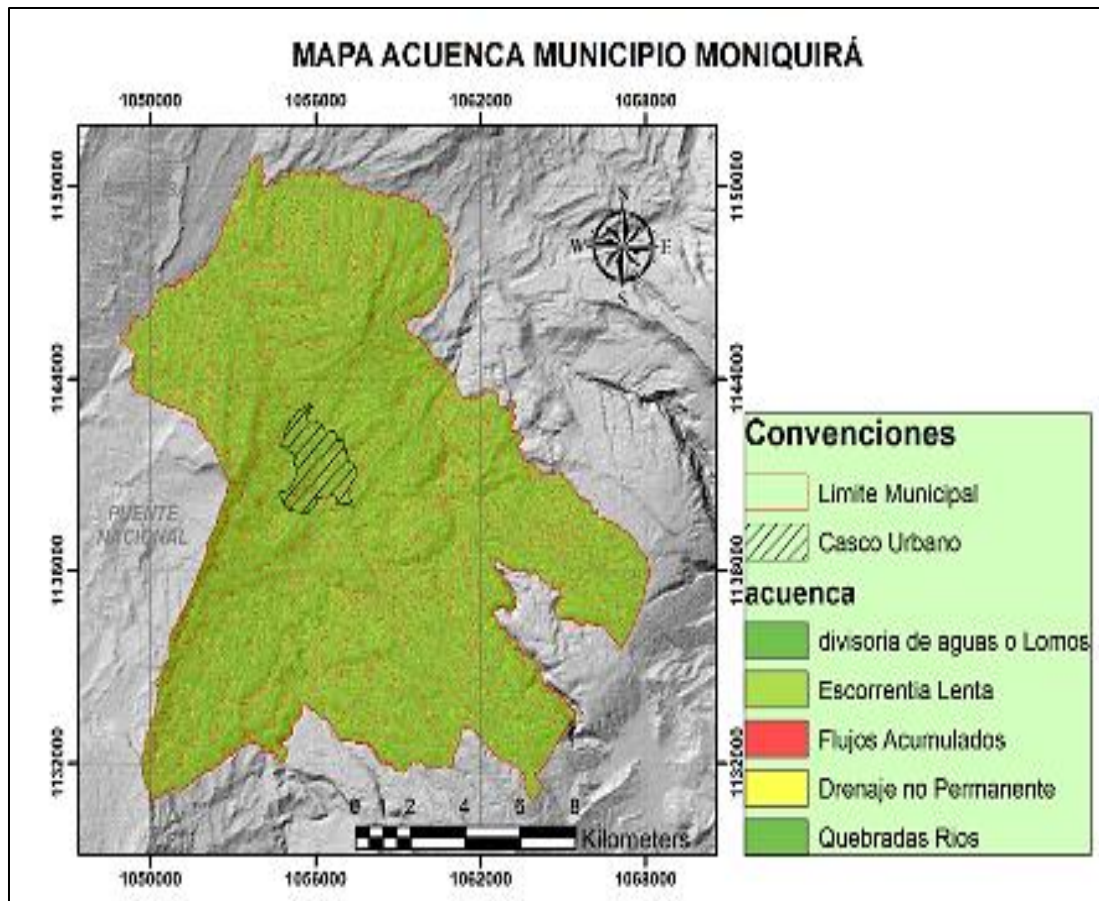
Fuente: Autores

Realizando la respectiva reclasificación de las categorías obtenidas en el mapa de pendientes se logra el mapa de susceptibilidad de pendientes por inundación; para lo cual se evidencia que en zonas con el menor grado de pendiente; el nivel de susceptibilidad por inundación es muy alto principalmente a lo largo de las rondas hídricas pasando por el casco urbano y en mayor porcentaje el nivel de susceptibilidad del municipio de Moniquirá es bajo; dado por pendientes de mayor grado.

8.1.3.2 Acuenca

Corresponde a la superficie de la cuenca aguas arriba de la celda cuya sumatoria de superficie vierten a una celda determinada (cuenca acumulada). El área de la cuenca se relaciona con la cantidad de agua que es capaz de recoger e infiltrar en un terreno, a mayor superficie más agua infiltrada y mayor probabilidad de desarrollar inestabilidad en el terreno. (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014).

FIGURA 40. Mapa Susceptibilidad de inundación por Acuenca

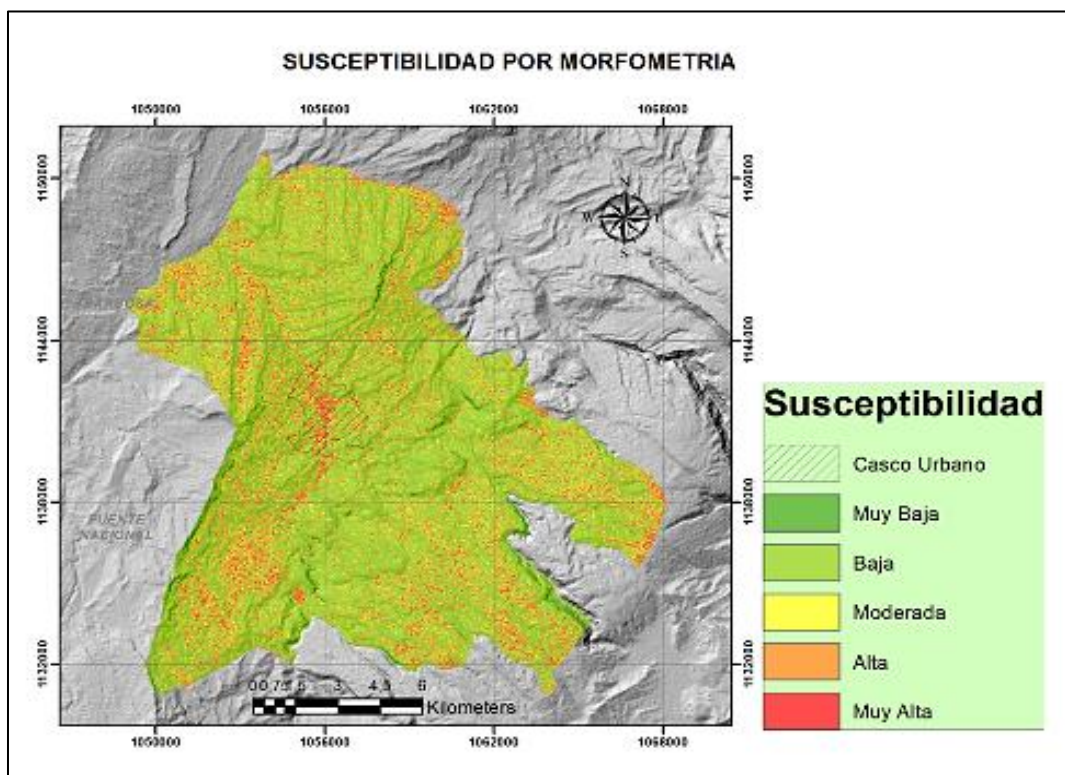


Fuente: Autores

El mapa de Acuenca nos permite evidenciar que para las diferentes divisorias de aguas, ríos y quebradas el nivel de susceptibilidad es muy bajo, mientras que para zonas de flujos acumulados, es decir permiten recoger cierta cantidad de agua, pero no se consigue su infiltración se categoriza con un nivel de susceptibilidad muy alto. Distribuido homogéneamente en el terreno correspondiente a la zona de estudio

Con la superposición de los mapas de pendiente y acuenca con la ponderación propuesta (70% pendientes y 30% acuenca), se genera el mapa temático de morfometría por inundación.

FIGURA 41. Mapa de Susceptibilidad de inundación por Morfometría



Fuente: Autores

El mapa de susceptibilidad de morfometría por inundación nos muestra un nivel de susceptibilidad muy alto acompañado de franjas con susceptibilidad alta a lo largo de las rondas hídricas de los ríos presentes en las zona de estudio y los diferentes afluentes a estos y el territorio restante presenta un nivel de susceptibilidad de muy bajo a moderado principalmente en zonas de alto grado de pendiente como lo son los límites con el municipio arcabuco y puente nacional; puntualmente en el accidente geográfico denominado Filo Pueblo Viejo.

8.1.3.3 Morfogénesis

8.1.3.3.1 Tipo de Relieve

Se generó una ponderación de acuerdo con los tipos de ambientes de depositación que prevalecen en la zona, y teniendo en cuenta los tipos de relieves característicos de cada ambiente. Con base en lo anterior el ambiente fluvial presenta una mayor susceptibilidad a inundación, por las bajas pendientes donde predominan las planicies aluviales. Mientras que ambientes donde prevalecen laderas y prominencias topográficas presentan menor susceptibilidad.

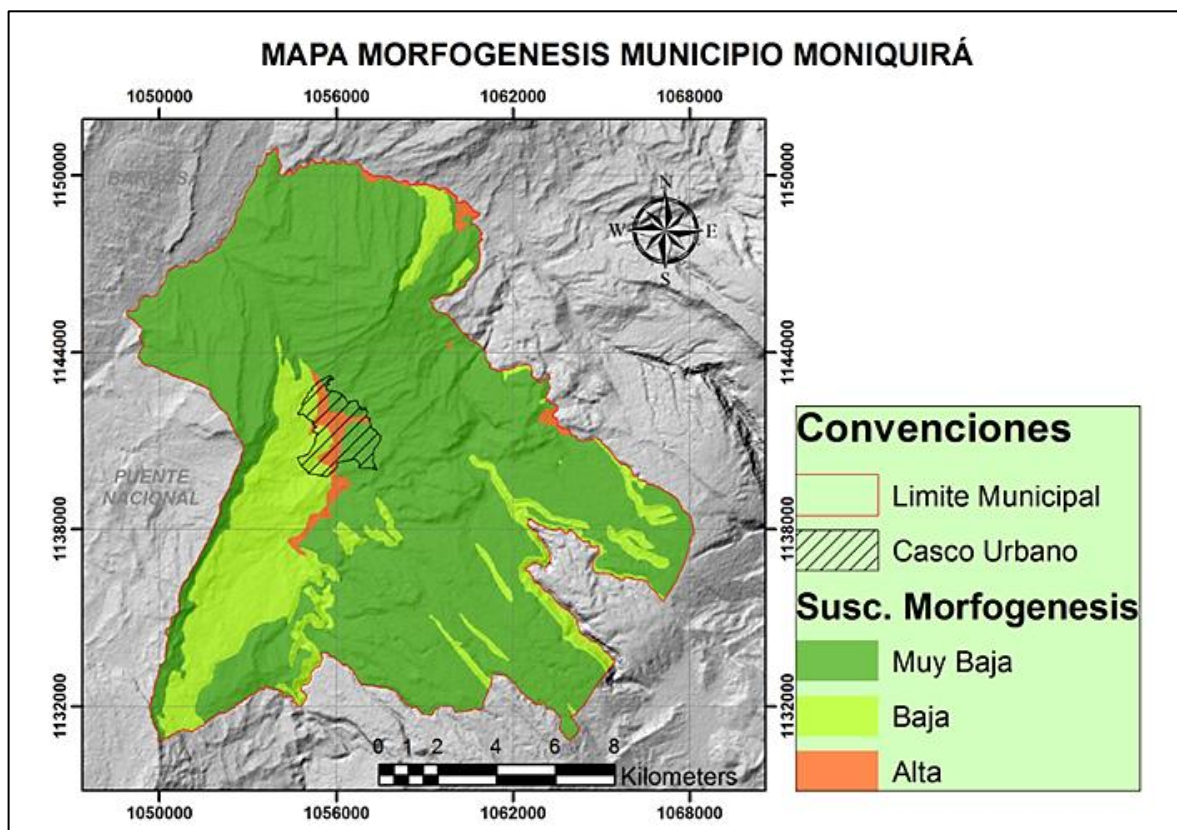
TABLA 29. Clasificación por tipo de Relieve

AMBIENTE	CALIFICACIÓN
ESTRUCTURAL	1
GLACIAL	2
ANTROPOGÉNICO	2
DENUDACIONAL	2
FLUVIAL	4

Fuente: Autores

Por medio de los valores asignados para la calificación de cada uno de los ítems evaluados en la Tabla 29, se obtiene el mapa de susceptibilidad para morfogénesis.

FIGURA 42. Mapa de susceptibilidad de inundación por morfogénesis.



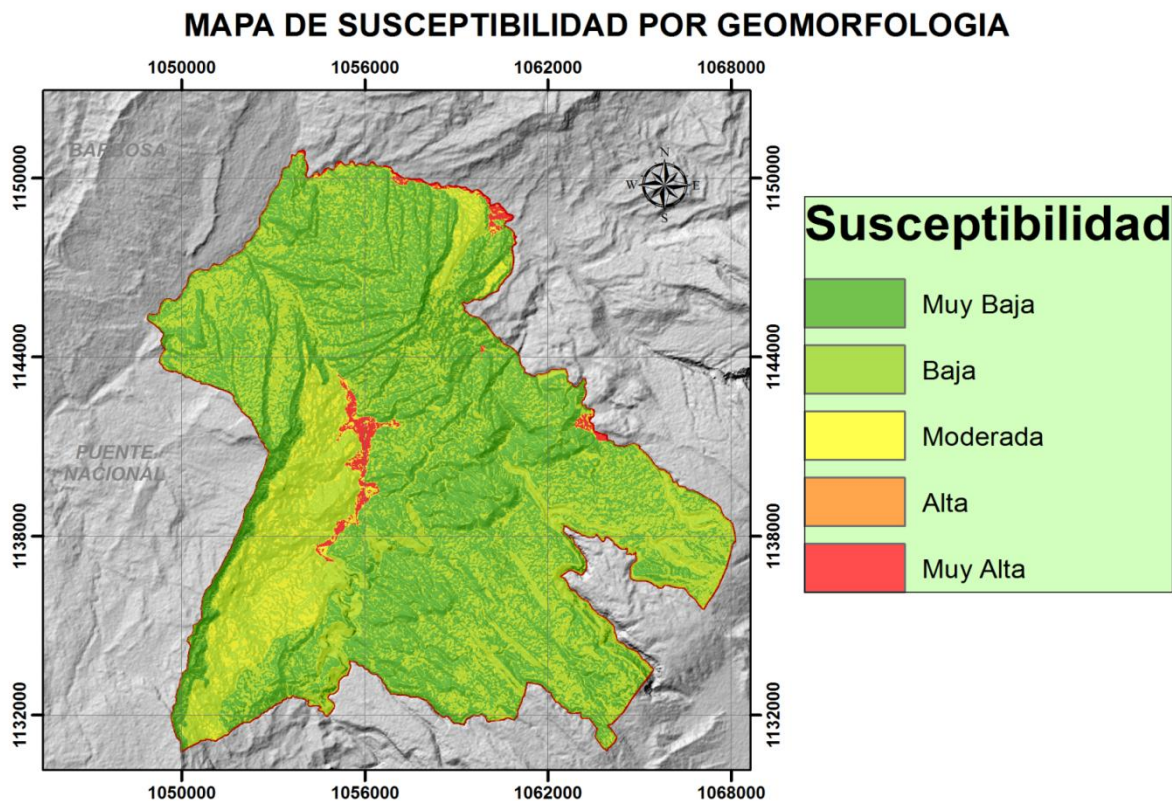
Fuente: Autores

Teniendo en cuenta los ambientes de depositación y tipos de relieve prevalentes en la zona de estudio; por álgebra de mapas se genera el mapa de susceptibilidad de morfogénesis por inundación; en donde predomina un nivel de susceptibilidad muy bajo, dado por un ambiente Estructural, acentuado principalmente en la zona rural, gran porcentaje del cuadrante suroccidental y algunas franjas al oriente del territorio estudiado, se obtiene un nivel de

susceptibilidad bajo dado por los ambientes glacial, antropogénico y denudacional, y por ambiente fluvial tenemos un nivel de susceptibilidad alto en el casco urbano y franjas limitantes con los municipios de Togüi y San José de Pare.

Finalmente teniendo en cuenta los componentes de susceptibilidad obtenidos por las variables morfometría y morfogénesis, se genera el mapa de susceptibilidad por Geomorfología.

FIGURA 43. Mapa de susceptibilidad geomorfológica por inundación



Fuente: Autores

En el mapa de susceptibilidad de geomorfología por inundación observamos que el nivel de susceptibilidad es de muy bajo a bajo; para unidades geomorfológicas como: Escarpe de erosión mayor, Espolón Faceteado; conformado por sierras colinadas con pendiente inclinada a abrupta, Ladera escalonada, Ladera de contrapendiente, sierra anticlinal; limitada por laderas estructurales inclinadas a muy abruptas, Ladera de contrapendiente sierra sinclinal, mientras que presenta un nivel de susceptibilidad moderado en Laderas Erosivas que corresponden a superficies del terreno de pendientes muy inclinadas a escarpadas, con longitudes moderadas a extremadamente largas y de formas planas, y en Laderas Onduladas con pendientes inclinadas y de longitud muy larga y susceptibilidad muy alta en los Planos o llanuras de inundación y Escarpes de terraza de acumulación, en el cual se acentúa el casco urbano.

8.1.4 Suelos

En el proceso del ciclo hidrológico, una vez que la lluvia llega a la superficie de la tierra se puede infiltrar, correr como flujo sobre la superficie de la tierra, acumularse en las hojas de las plantas o encharcarse. Este último es el factor que relaciona el suelo con la susceptibilidad a inundaciones.

A continuación se evaluarán los componentes texturales y el drenaje natural de las unidades cartográficas del suelo del municipio de Moniquirá.

8.1.4.1 Textura

La composición textural, da un indicio del flujo del agua a través del suelo. Suelos de texturas gruesas e intermedias permiten la circulación del fluido en una mayor proporción que los suelos finos, los cuales serían más susceptibles a la ocurrencia de inundaciones.

La capacidad de agua que puede retener el suelo, varía de acuerdo con su tipo de textura. De esta forma, los suelos orgánicos y francos con altos contenidos de arena muy fina y sedimentos, poseen una capacidad de agua disponible más alta que los suelos arcillosos y de arena muy gruesa. (Organización de las Naciones para la alimentación y la agricultura, 2018)

De acuerdo con el componente textural de cada subgrupo taxonómico, se evaluó la susceptibilidad con base a los valores establecidos en la Tabla 29, teniendo en cuenta la presencia de cada partícula (arena, limo y arcilla).

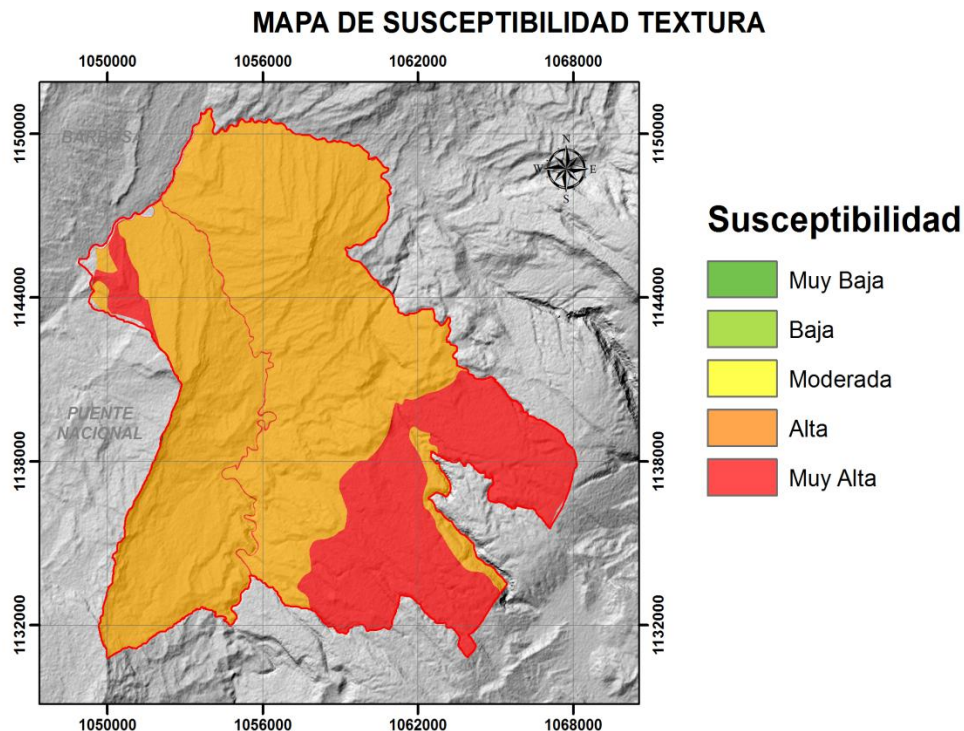
TABLA 30. Calificación de susceptibilidad de fenómenos de inundación por textura del municipio de Moniquirá.

UNIDADES CARTOGRÁFICAS COMPONENTES TAXONOMICOS	FASE PENDIENTE - EROSIÓN	SUBGRUPO	TEXTURA	CALIFICACIÓN
Complejo MMH: Complejo: Typic Ustifluvents Fluventic Haplustepts Aquic Haplustepts	MMHa	Typic Ustifluvents	Franca	4
	MMHb MMHc MMHd	Fluventic Haplustepts	Franco arcillosa	4
	MMHe	Typic Ustifluvents	Franca	4
Asociación MMA2: Inceptic Haplustalfs Lithic Ustorthents Typic Dystrustepts	MMAa2	Inceptic Haplustalfs	Franco arcillosa con grava	3
	MMAb2 MMAc2	Inceptic Haplustalfs	Franco arcillosa con grava	3
		Lithic Dystrustepts	Franco limosa	4
	MMAa2 MMAe2			
	MMAf2 MMAg2	Lithic Ustorthents	Franca	4

UNIDADES CARTOGRÁFICAS COMPONENTES TAXONOMICOS	FASE PENDIENTE - EROSIÓN	SUBGRUPO	TEXTURA	CALIFICACIÓN
Complejo MME: Lithic Ustorthents Humic Dystrustepts Afloramientos rocosos	MMEc MMEd	Humic Dystrustepts	Franco arcillosa y arcillosa	5
		Lithic Ustorthents	Franco arcillo arenosa	4
		Afloramiento Rocoso		
	MMEe	Lithic Ustorthents	Franco arcillo arenosa	4
	MMEf MMEg	Afloramiento Rocoso		
Asociacion MMX1: Humic Dystrustepts Typic Haplustalfs Typic Haplustands	MMXa1	Humic Dystrustepts	Franco arcillosa	4
	MMXb1			
	MMXc1			
	MMXd1	Typic Haplustalfs	Franco arcillo arenosa	4
	MMXe1			
Asociación VMA: Fluventic Haplustepts Udertic Haplustepts Typic Dystrustepts	MMXf1			
	VMAa	Fluventic Haplustepts	Franco arcillosa	4
	VMAc	Udertic Haplustepts	Franco arcillosa	4
		Typic Dystrustepts	Franco arcillosa	4

Fuente: Autor, 2018

FIGURA 44. Mapa de Susceptibilidad Textura



Fuente: Autores

La textura del suelo está directamente ligada con la litología del terreno y el tamaño de grano, la susceptibilidad por inundación se ve directamente afectado por las mismas circunstancias, por tanto se observa que en la Formación Cumbre, perteneciente a veredas como La Hoya, Despensa y Ajizal, Colorado, Coper, Monjas y González son zonas que se encuentran en susceptibilidad muy alta al igual que en la vereda Maciegal (Formación San Gil Superior) y a lo largo de la ronda hídrica del Río Moniquirá. Las demás veredas del municipio se encuentran dentro de susceptibilidad a inundación por textura moderada.

8.1.4.2 Drenaje Natural

La capacidad de remoción del agua por medio natural, permite disminuir la capacidad de encharcamiento del suelo y a su vez la susceptibilidad a inundaciones.

Se evaluó con valores bajos, aquellas unidades que tienen mayor capacidad de remoción por medio natural del agua acumulada y con valores altos las unidades propensas a encharcamientos.

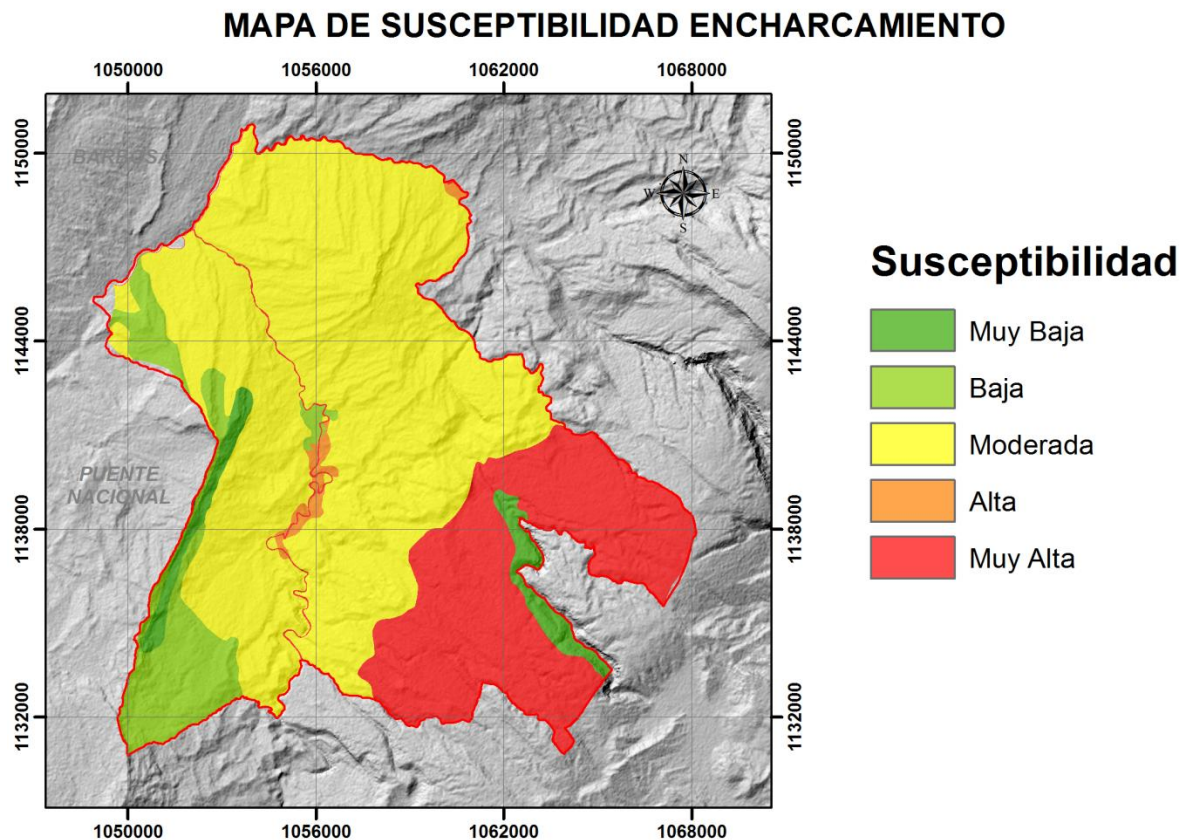
TABLA 31. Calificación de susceptibilidad de fenómenos de inundación por drenaje natural en el municipio de Moniquirá

UNIDADES CARTOGRÁFICAS COMPONENTES TAXONOMICOS	FASE PENDIENTE - EROSIÓN	SUBGRUPO	DRENAJE	CALIFICACIÓN
Complejo MMH: Complejo: Typic Ustifluvents Fluentic Haplustepts Aquic Haplustepts	MMHa	Typic Ustifluvents	Bien Drenados	2
	MMHb	Fluentic Haplustepts	Moderadamente bien drenado	3
	MMHc			
	MMHd	Typic Ustifluvents	Bien Drenados	2
Asociación MMA2: Inceptic Haplustalfs Lithic Ustorthents Typic Dystrustepts	MMHe	Inceptic Haplustalfs	Bien drenados	2
	MMAa2	Inceptic Haplustalfs	Bien drenados	2
	MMAb2	Lithic Dystrustepts	Bien drenados	2
	MMAc2			
	MMAAd2	Lithic Ustorthents	Excesivamente drenados	1
	MMAe2			
Complejo MME: Lithic Ustorthents Humic Dystrustepts Afloramientos rocosos	MMAf2	Lithic Ustorthents	Excesivamente drenados	1
	MMAg2	Humic Dystrustepts	Bien drenados	2
	MMEc	Lithic Ustorthents	Bien drenados	2
	MMEd	Afloramiento Rcoso		1
	MMEe	Lithic Ustorthents	Bien drenados	2
	MMEf	Afloramiento Rcoso		1
Asociación MMX1: Humic Dystrustepts Typic Haplustalfs Typic Haplustands	MMEg	Humic Dystrustepts	Bien drenados	2
	MMXa1			
	MMXb1			
	MMXc1			
	MMXd1	Typic Haplustalfs	Bien drenados	2
	MMXe1			

UNIDADES CARTOGRÁFICAS COMPONENTES TAXONOMICOS	FASE PENDIENTE - EROSIÓN	SUBGRUPO	DRENAJE	CALIFICACIÓN
	MMXf1			
Asociación VMA: Fluventic Haplustepts Udertic Haplustepts Typic Dystrustepts	VMAa	Fluventic Haplustepts	Moderadamente bien drenados	3
	VMAC	Udertic Haplustepts	Moderadamente bien drenados	3
		Typic Dystrustepts	Imperfectamente drenados	4

Fuente: Autor, 2018

FIGURA 45. Mapa de Susceptibilidad por Encharcamiento.



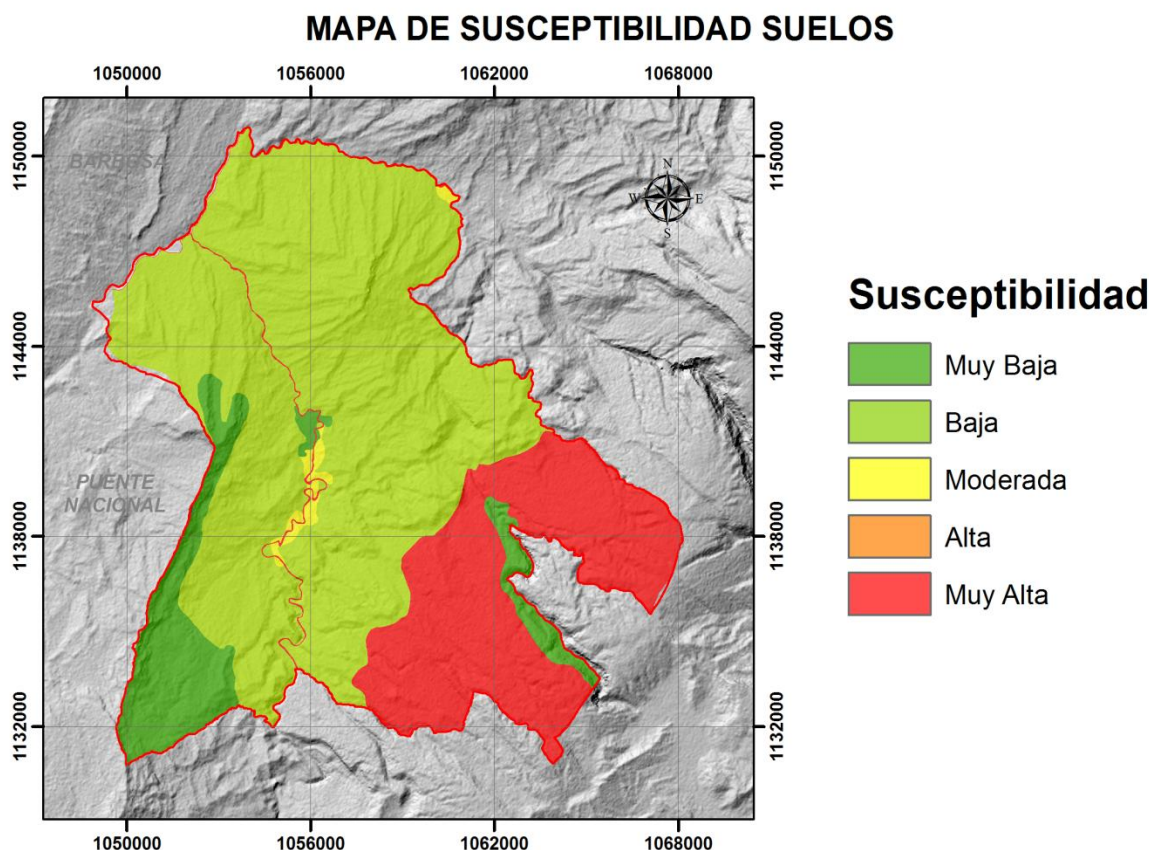
El encharcamiento depende del drenaje natural del agua, es decir que materiales impermeables permitirán el estancamiento del fluido lo que aumentará el nivel de susceptibilidad a inundación por encharcamiento, caso puntual de la Formación la Cumbre en donde resultan afectadas las veredas La Hoya, Despensa y Ajizal, Colorado, Coper, Monjas y González y evidentemente la ronda hídrica del Río Moniquirá; veredas como Pantanillo, Beltrán, Capilla, Maciegal, San

Esteban y la parte occidental de las veredas El Chovo, Pila Grandey potrero Grande al igual que el casco urbano del municipio se encuentran expuestos a un nivel de susceptibilidad baja, las veredas restantes se encuentran en nivel de susceptibilidad moderado.

8.1.4.3 Susceptibilidad Total Suelos

Al evaluar los componentes de textura y drenaje natural, se realizó una suma ponderada, donde cada factor presenta el mismo valor, obteniéndose el mapa de susceptibilidad total de suelos a inundaciones **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 45. En general el municipio presenta valores de susceptibilidad media y baja en gran parte de su extensión (88%) y una susceptibilidad alta en la parte baja del mismo, sobre el valle fluvio lacustre con un área de 216 Ha (8,5%) donde se encuentran suelos de textura predominantemente arcillosa y pobremente drenados.

FIGURA 46. Mapa de susceptibilidad de suelos por inundaciones



Fuente: Autores

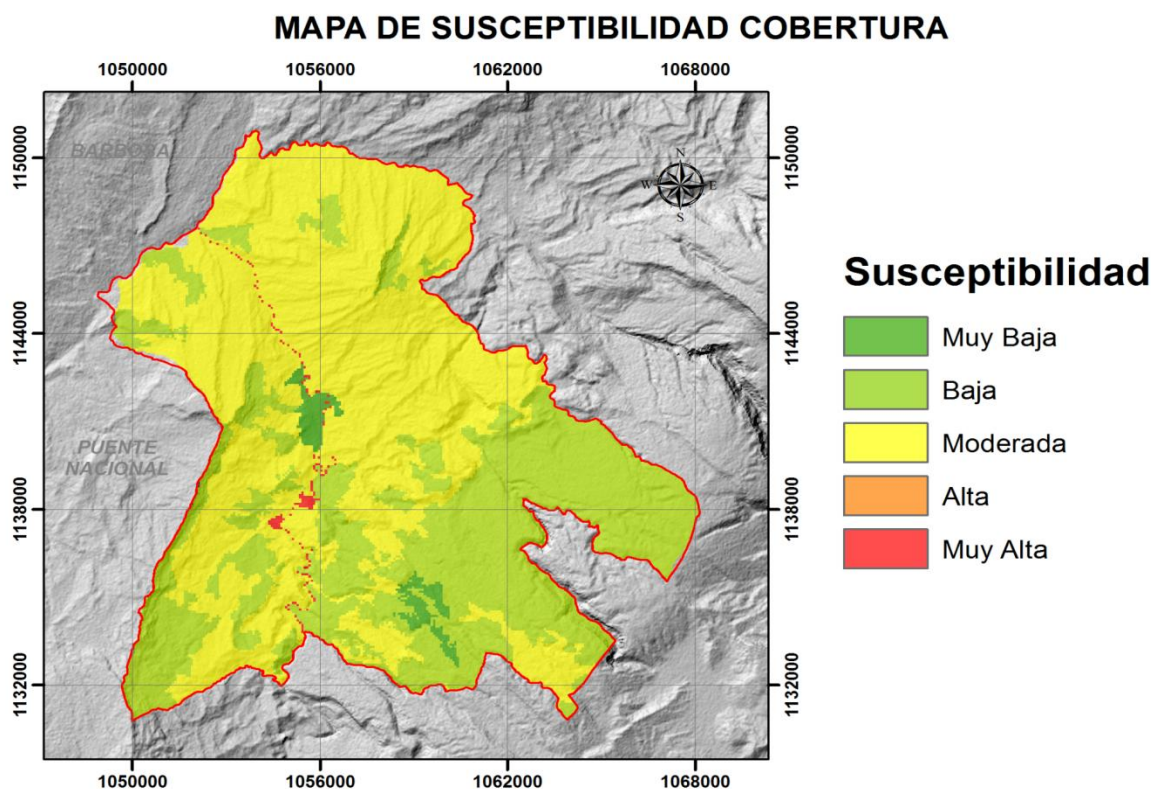
Podría estimarse que un 70% del municipio se encuentra en susceptibilidad baja, con pequeñas franjas de susceptibilidad muy baja correspondiente a las veredas Pantanillo y Beltrán y el sector oriental de las veredas Capilla, El Chovo y Pila Grande, en susceptibilidad muy alta tenemos las

veredas La Hoya, Despensa y Ajizal, Colorado, Coper, Monjas y González, veredas que se encuentran sobre la Formación Cumbre lo que hace que estén en ese rango de probabilidad a que suceda algún acontecimiento por inundación debido a las características del suelo.

8.1.1 Cobertura y usos

De acuerdo a la cobertura vegetal presente en el municipio de Monquirá se generó la calificación para coberturas donde las coberturas con vegetaciones densas presentan una menor susceptibilidad a la inundación debido a la absorción de gran cantidad de agua para realizar los procesos naturales, las coberturas de más susceptibilidad se encuentran en las coberturas de mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales además de tierras desnudas.

FIGURA 47. Mapa de susceptibilidad de inundación por cobertura y usos.



Fuente: Autores

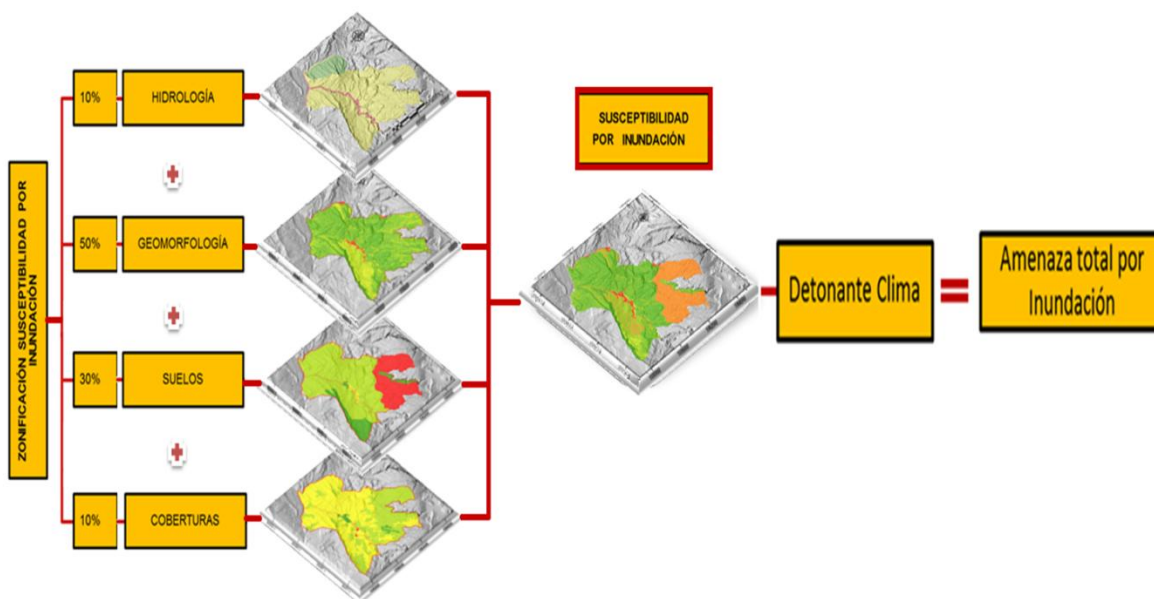
En gran medida el municipio con respecto a la variable de cobertura vegetal se encuentra en nivel de susceptibilidad a inundación moderado, el hecho de que el área de estudio tenga abundante vegetación que permita la absorción de agua hace que disminuya considerablemente la posibilidad de que algún evento suceda. Es posible evidenciar que veredas como el Pantanillo, Beltrán, Coralina, San Cristóbal, González, Colorado, Despensa y Ajizal, La Hoya, y algunos sectores de las veredas Coper y Monjas están dentro del nivel bajo de susceptibilidad y en el casco urbano en nivel muy bajo.

9 AMENAZA POR INUNDACIÓN

9.1 AMENAZA TOTAL

La amenaza se define como la suma entre la susceptibilidad total del terreno y el factor detonante. En el caso de la amenaza por inundación, se tiene en cuenta el factor lluvias como detonante pues es lógico el considerar que a mayores precipitaciones la posibilidad de presentación de eventos de inundación se vea incrementada.

FIGURA 48. Secuencia metodológica para la determinación de amenaza total por Inundaciones



Fuente: Autores

9.1.1 Detonante Clima (Inundación)

El clima es uno de los principales factores detonantes de las inundaciones a través de su componente lluvia. Para la generación del detonante clima se procede a la calificación de la precipitación media anual, la temperatura media anual y el mapa de isoyetas de lluvias diarias máximas para un periodo de retorno de 25 años; obtenido según la calificación de los rangos descritos, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$DC = 0.5 \cdot DTPMA + 0.5 \cdot DTPM24H$$

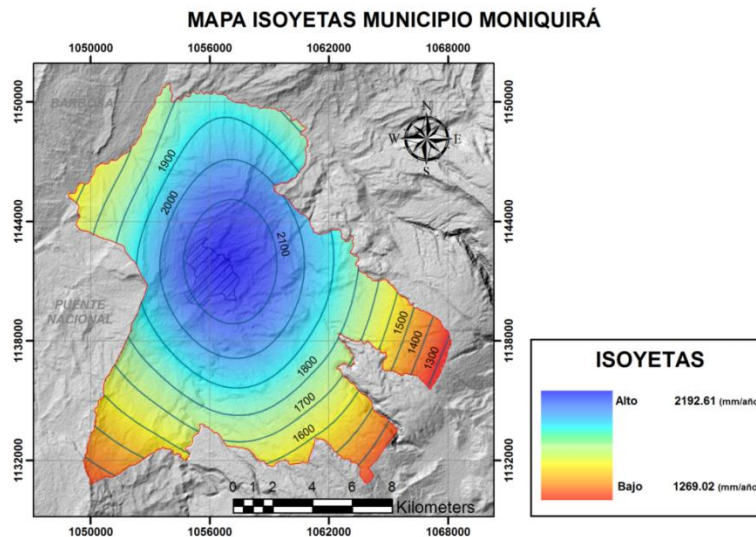
Dónde:

DC = Detonante Clima inundación

$DTPMA$ = Detonante Precipitación Media Anual

$DTPM24H$ = Detonante Precipitación Máxima Diaria en 24 h.

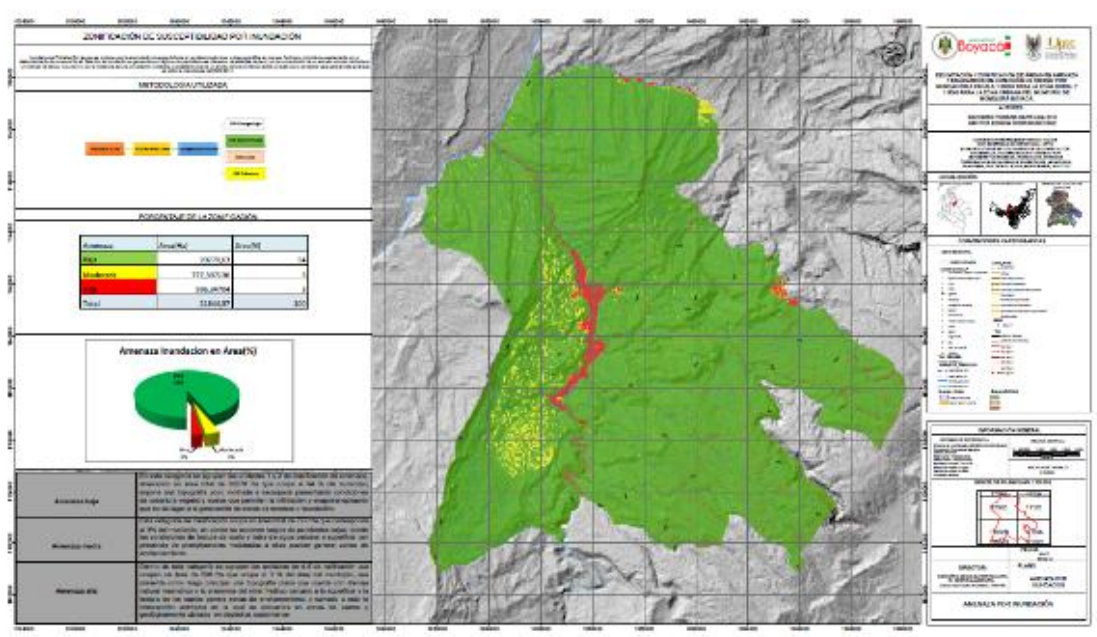
FIGURA 49. Mapa Susceptibilidad por detonante clima



Fuente: Autores

En este mapa se representa la precipitación media anual para lo cual la precipitación mínima es de 1269,02 mm y una máxima de 2192,61 mm por año, los valores estimados fueron suministrados por el IDEAM, en donde evidenciamos una mayor precipitación en la zona central, disminuyendo el nivel de precipitación hacia los límites de los municipios circundantes.

FIGURA 50. Mapa Amenaza Total de la Inundación Esc.1:25.000



Fuente: Autores

En el mapa de amenaza por inundación evidenciamos el mayor porcentaje de área rural del municipio de Moniquirá se encuentra en amenaza baja con un área de 20270km², distribuidos de la siguiente manera: al nororiente se localizan; las veredas Jordán, Ubaza, Novillero, Neval y Cruces, Tierra de Castro y La Laja. Al suroriente; las veredas Papayal, Colorado, Despensa y Ajizal, La Hoya, San Cristóbal, Tierra de González, Las Monjas, Coper y Matarredonda. Al Noroccidente las veredas Canoas y San Rafael, Tapias y San Antonio, Novillero, Macieral, El Naranjal, San Vicente, San Esteban, y al suroccidente veredas Chovo, Capilla, Beltrán, Pantanillo, Tierra Gómez.

En amenaza moderada con un área de 777km²; encontramos franjas mínimas del sector nororiental limitando con el municipio de Togüi, vereda Ubaza, mínima área costado oriental sector noroccidental limite municipal con Togüi, vereda la Hoya. Al noroccidente algunas franjas aleatorias de la vereda Potrero Grande y Pueblo Viejo. Al suroccidente; sector centro y oriente de la vereda Pila Grande, sector centro y occidente de la vereda Monsalve, gran parte de la vereda el Chovo sectores centro y oriente, sector noroccidental de la vereda Coralina, sector centro oriental vereda la Capilla.

Y 596 km² en amenaza alta; en la que se evidencia una mínima franja del límite municipal con Togüi sector nororiental de la vereda Jordán, mínima área del costado oriental sector noroccidental del límite municipal con Togüi vereda la Hoya y a lo largo de la ronda hídrica del río Moniquirá.

9.2 ANÁLISIS DE LA AMENAZA RURAL Y URBANA

9.2.1 Amenaza Baja.

En esta categoría se agrupan las unidades 1 y 2 de clasificación de amenaza, abarcando un área total de 20.270 Ha que ocupa el 94 % del municipio. Expone una topografía poco inclinada a escarpada, presentando condiciones de cobertura vegetal y suelos que permiten la infiltración y evapotranspiración y que, a su vez, no da lugar a la generación de zonas de excesos o inundación.

9.2.2 Amenaza Moderada

Esta categoría de clasificación ocupa un área total de 777 Ha que corresponde al 3% del municipio, en donde se exponen rasgos de pendientes bajas y donde las condiciones de textura de suelo alberga medianamente el volumen de agua producto de precipitaciones moderadas a altas, y que pueden generar zonas de encharcamiento.

9.2.3 Amenaza Alta

Dentro de esta categoría se agrupan las unidades de 4-5 de calificación que ocupan un área de 596 Ha representado el 3 % del área del municipio. Como rasgo principal atiende a una topografía plana con drenaje natural meándrico y la presencia del nivel freático cercano a la superficie. La textura de los suelos favorece la generación de zonas de encharcamiento, que a su vez con la intervención antrópica, propicia zonas de pastos, geológicamente ubicadas en depósitos cuaternarios.

TABLA 32. Análisis de la Amenaza

CUADRANTE	AMENAZA - ÁREA RURAL			AMENAZA - ÁREA URBANA Y SUBURBANA		
	BAJA	MODERADA	ALTA	BAJA	MODERADA	ALTA
Nororiental	Veredas Canoas y San Rafael, Tapias y San Antonio, Jordán, Ubaza, Novillero, Neval y Cruces, Tierra de Castro y La Laja	Franja mínima, sector nororiental límite municipal con Togüi, vereda Ubaza. Mínima área costado oriental sector noroccidental límite municipal con Togüi vereda La Hoya	Mínima franja del límite municipal con Togüi sector nororiental vereda Jordán Mínima área costado oriental sector noroccidental límite municipal con Togüi vereda La Hoya	Franja nororiental Sector La Granja	Corredor central y suoriental Sector La Granja. Franja noroccidental, centro y franja suroccidental del Sector Oriental.	Franja occidental corredor NW-SE Sector La Granja. Franja occidental Sector Oriental.
Suroriental	Veredas Papayal, Colorado, Despensa y Ajizal, La Hoya, San Cristóbal, Tierra de González, Las Monjas, Coper y Matarredonda	NA	NA	Franja oriental y sur del Sector Oriental.	Franja occidental Sector Oriental.	Franja occidental Sector Oriental.
Noroccidental	Veredas Canoas y San Rafael, Tapias y San Antonio, Novillero, Macieral, El Naranjal, San Vicente, San Esteban, franjas aleatorias de las veredas Pueblo Viejo y Potrero Grande	Vereda Pueblo Viejo y franjas aleatorias vereda Potrero Grande.	Ronda hídrica Río Moniquirá	Franja occidental Sector La Esmeralda.	Franja central Sector La Esmeralda.	Franja oriental Sector La Esmeralda.
Suroccidental	Franja occidental límite municipal Puente Nacional veredas Pila Grande, El Chovo y Capilla. Veredas Coralina, Beltrán y Pantanillo y Tierra de Gómez	Sector centro y oriente vereda Pila Grande, sector centro occidente vereda Monsalve, gran parte de la vereda El Chovo sectores centro y oriente, sector noroccidental vereda Coralina, sector centro oriental vereda La Capilla.	Ronda hídrica Río Moniquirá.	Franja central y área suroccidental Sector Central. Área occidental Sector Confaboy.	Franjas media oriental y media noroccidental Sector Central. Franja media nororiental y suroccidental Sector Confaboy.	Franja oriental Sectores Central y Confaboy. Parte meridional área nororiental Sector Confaboy.

Fuente: Autores

FIGURA 51. Zonificación de amenazas para Inundación

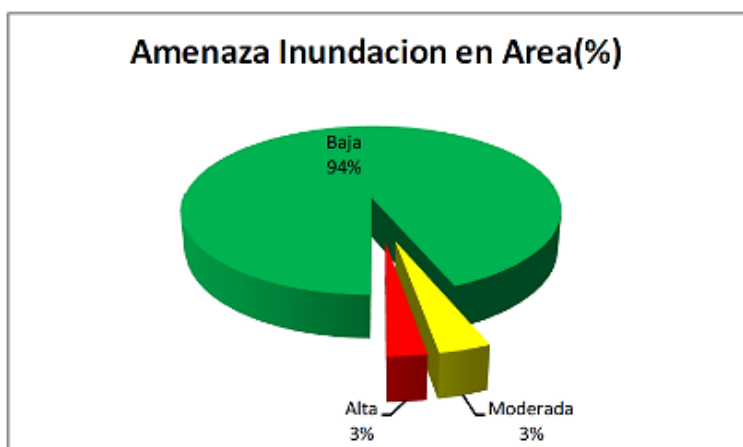
PORCENTAJE DE LA ZONIFICACIÓN		
Amenaza	Area(Ha)	Area(%)
Baja	20270,63	94
Moderada	777,397136	3
Alta	596,34704	3
Total	21644,37	100

En el proceso de la zonificación de susceptibilidad por inundaciones, se evalúan las variables correspondientes a suelos con un peso o ponderación del 30%, geomorfología 50%, cobertura 10% e hidrología del 10%.

Los factores que generan mayor ponderación en las categorías de amenaza alta y muy alta, son las variables Suelos y Geomorfología evaluando morfometría, la cual está constituida por pendientes, relieve ondulado, con un valor del 70% y acuenca 30%; la variable morfogénesis que en su totalidad está dada por el tipo de relieve y tipos de ambientes de depositación. El ambiente fluvial y depósitos aluviales presentan una mayor susceptibilidad a inundación por poseer bajas pendientes donde predominan las planicies aluviales; mientras que las zonas de mayor topográfica presentan menor susceptibilidad.

El detonante evaluado para el cálculo de la amenaza es la lluvia, que incluye los datos de precipitación mensual media multianual.

FIGURA 52. Distribución estadística de la amenaza por Inundación.



Fuente: Autores

De acuerdo con la distribución espacial, el mayor porcentaje para el municipio de Moniquirá corresponde categóricamente a un 94% amenaza baja en su mayor parte del área rural. Respecto al tipo de amenaza moderada y alta, se concentra en la zona suburbana y urbana respectivamente.

9.2.1 Zonificación Por Inundación

La amenaza por inundación hace constancia a represamientos de agua por diferentes factores: pendientes bajas, falta de drenajes o drenajes insuficientes y precipitaciones con altos índices pluviométricos; los cuales afectan los suelos, infraestructura, cultivos y directamente a la comunidad en el aspecto social y económico.

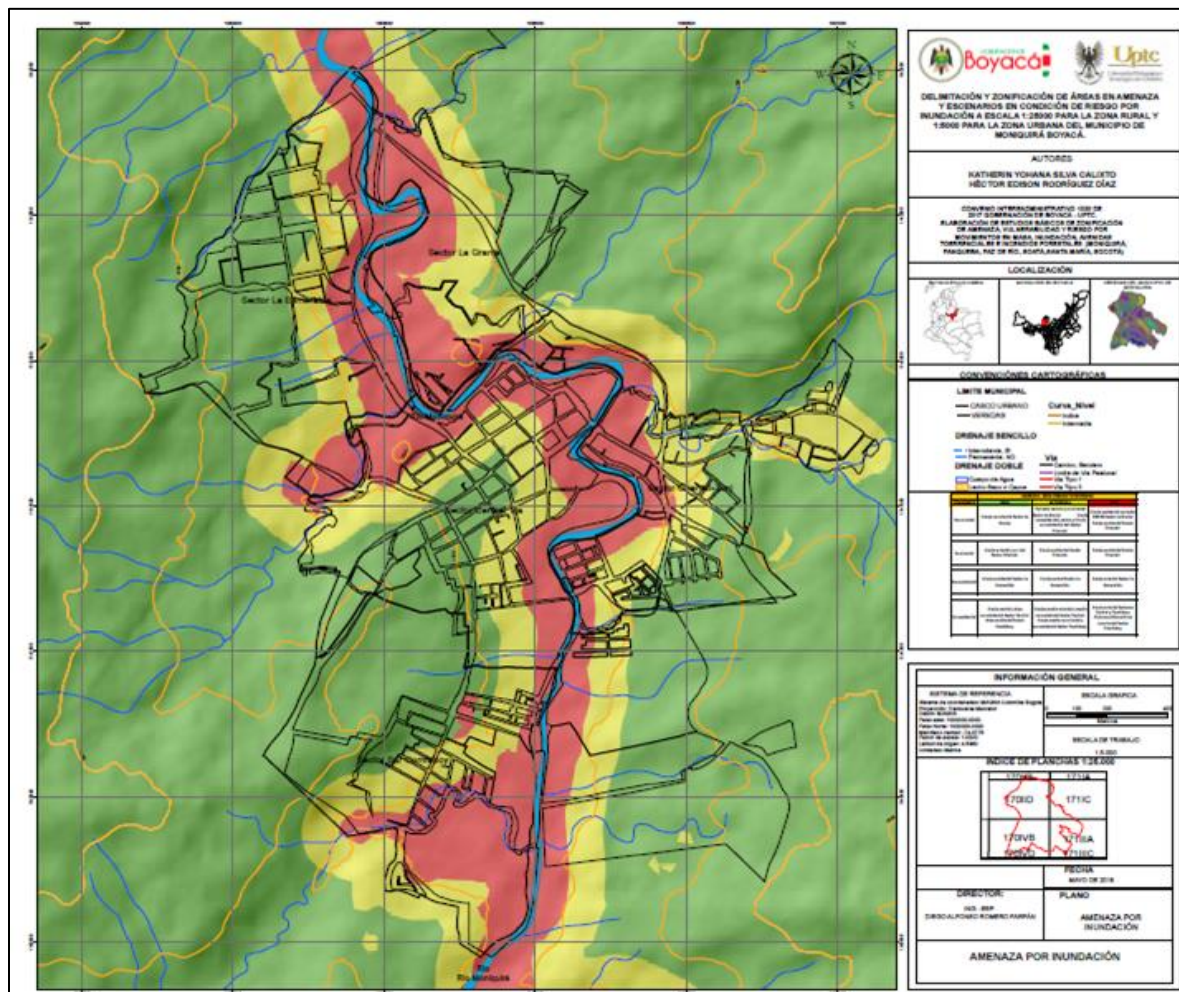
Las características morfométricas establecen parámetros de evaluación y funcionamiento de los sistemas hídricos presentes en las subcuencas en la captación y recarga de agua. Los factores

geológicos juegan un papel muy importante ya que se encuentran íntimamente ligados a los materiales presentes en la zona y a las condiciones de infiltración y permeabilidad.

En la zonificación de amenazas por Inundación se desarrolló una metodología de tipo heurístico, utilizando variables y parámetros que integran la susceptibilidad y detonante (precipitación), como generadores de amenaza en conjunto con la vulnerabilidad. En el primer factor, se integraron cuatro variables con su respectivo peso porcentual: hidrología con 10%, Cobertura 10%, Geomorfología con 50% y uso de suelo con 30%. La variable que tiene un mayor peso es la Geomorfología atendiendo especialmente a la morfogénesis y la morfometría.

9.3 DELIMITACIÓN Y ÁREAS PARA ESTUDIOS BÁSICOS

FIGURA 53. Mapa Amenaza por Inundación Esc.1:5000



Fuente: Autores, 2018

Como ha sido establecido en el decreto 1807 del 2014, el nivel de detalle para estudios básicos se hace mayor en el casco urbano, por lo que se generó el mapa delimitación y zonificación de áreas en amenaza y escenarios en condición de riesgo por inundación a escala 1:5.000.

Lo que permite establecer con mayor precisión el nivel de amenaza en el que se encuentra expuesto cada uno de los Sectores en los que se encuentra dividido el casco urbano (ver figura 53), y así mismo tener como base para el desarrollo de la guía metodológica PREDES, que nos permitirá establecer el nivel de vulnerabilidad estructural al que se encuentran expuestas las viviendas construidas a lo largo de la ronda hídrica del Río Moniquirá en estas zonas.

Según el mapa generado se puede evidenciar que en un nivel alto de amenaza se tiene: la franja occidental corredor NW-SE del Sector La Granja, la franja occidental del Sector Oriental, la franja oriental Sector La Esmeralda, franja oriental Sector Central y por último la franja Oriental y parte meridional del área nororiental del Sector Comfaboy. En estos Sectores el municipio debe prohibir la construcción de viviendas o cualquier tipo de edificación por el bien de la comunidad, pero como es evidente se ha hecho caso omiso debido a que no se cuenta con unas estrictas normas urbanísticas.

Dentro de las zonas en amenaza moderada tenemos: corredor central y suroriental del Sector La Granja, la franja noroccidental, centro y franja suroccidental del Sector Oriental, la franja central del Sector La Esmeralda, franjas media oriental y media noroccidental Sector Central y por último la franja media nororiental y suroccidental del Sector Comfaboy.

Finalizando en nivel de amenaza bajo se encuentra: franja nororiental Sector La Granja, la franja oriental y sur del Sector Oriental, la franja occidental Sector La Esmeralda, franja central y área suroccidental Sector Central y el área occidental Sector Comfaboy, cabe resaltar que con ayuda de estudios más detallados se puede verificar si en realidad no hay un nivel de amenaza mayor, si no es así se puede tomar estos sectores como punto de partida para la mejora de los planes de ordenamiento territorial y la extensión del casco urbano.

10 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.

10.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.

En virtud del trabajo de campo y la auscultación visual de reconocimiento realizado por los autores, para el análisis de la vulnerabilidad estructural; se seleccionaron las siguientes variables:

Materiales predominantes de construcción: En razón a la vulnerabilidad que presentan unos materiales con respecto a otros.

Estado de conservación de las edificaciones: El mal o muy mal estado de conservación, vuelve vulnerables a las edificaciones frente a los eventos de inundación.

Las tres variables se fundamentaron en una muestra estadísticamente representativa, enlazada con la evaluación preliminar de amenazas a través de la implementación de un sistema de información geográfica (SIG), que permitió la generación de los respectivos mapas temáticos.

Los formatos y matrices diseñadas y estructurados por los autores e implementados en la evaluación de la vulnerabilidad estructural, se muestran a continuación:

TABLA 33. Matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-00X	Coordenadas:					Emplazamiento al borde del río		
							Zonas bajas respecto a la vía		
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
				ADOBE					Nº de viviendas:
<u>FOTO</u>					ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA		Muy Malo		
							Malo		
							Regular		
							Bueno		

Fuente: Autores, 2018

Atendiendo a lo estipulado en la Metodología para el Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo ante Inundaciones de las Edificaciones en Centros Urbanos, PREDES, Perú, Olga Lozano Cortijo, 2008; se consideraron adicionalmente dos variables:

- **EMPLAZAMIENTO AL BORDE DEL RÍO O CURSOS DE AGUA:** Las edificaciones que tienen esta condición son más vulnerables.
- **SECTORES BAJAS CON RESPECTO A LA VÍA:** Existen sectores cuyo nivel se encuentra por debajo de la vía, lo cual, en caso de inundaciones, puede originar el ingreso del agua a las edificaciones.

TABLA 34. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-001	Coordenadas: 5.872871 - 73.569940					Emplazamiento al borde del río	NO	
							Zonas bajas respecto a la vía	NO	
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
				ADOBE					
FOTO						N° de viviendas: 11			
						ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA			
						Muy Malo			
						Malo			
						Regular			
						Bueno			

Fuente. Autores

TABLA 35. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-002	Coordenadas: 5.871980 - 73.569948					Emplazamiento al borde del río	NO	
							Zonas bajas respecto a la vía	NO	
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
					ADOBE				
							N° de viviendas: 11		
FOTO							Muy Malo		
							Malo		
							Regular		
							Bueno		
ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA									

Fuente. Autores

TABLA 36. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-003	Coordenadas: 5.874040 - 73.570498					Emplazamiento al borde del río	NO	
							Zonas bajas respecto a la vía	NO	
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
				ADOBE					
							N° de viviendas: 20		
<i>FOTO</i>							Muy Malo		
							Malo		
							Regular		
							Bueno		
ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA									

Fuente. Autores

TABLA 37. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-004	Coordenadas: 5.874017 -73.570311					Emplazamiento al borde del río	NO	
							Zonas bajas respecto a la vía	NO	
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
				ADOBE					
							N° de viviendas: 17		
<u>FOTO</u> 							Muy Malo		
							Malo		
							Regular		
							Bueno		
ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA									

Fuente: Autores

TABLA 38. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-005	Coordenadas: 5.873551 -73.569957					Emplazamiento al borde del río	NO	
							Zonas bajas respecto a la vía	NO	
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
				ADOBE					
							N° de viviendas:	17	
<div>FOTO</div> <div></div>							Muy Malo		
							Malo		
							Regular		
							Bueno		
ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA									

Fuente: Autores

TABLA 39. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-006	Coordenadas: 5.877291 -73.570081					Emplazamiento al borde del río	SI	
							Zonas bajas respecto a la vía	NO	
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VIA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
				ADOBE					
							N° de viviendas: 20		
<i>FOTO</i>							Muy Malo		
							Malo		
							Regular		
							Bueno		
ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA									

Fuente: Autores

TABLA 40. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-007	Coordenadas: 5.876939 - 73.569436					Emplazamiento al borde del río		
							Zonas bajas respecto a la vía		
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
				ADOBE					N° de viviendas:
<i>FOTO</i>							Muy Malo		
							Malo		
							Regular		
						ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA			Bueno

Fuente: Autores

TABLA 41. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL											
ID	ZVI-008	Coordenadas: 5.877181 -73.568584				Emplazamiento al borde del río		NO			
						Zonas bajas respecto a la vía		NO			
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE				
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR				
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA				
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO				
	OTRO			ACABADO BLANCO							
				CERAMICA							
				BLOQUE							
				TEJA (ZINC)							
				MADERA (TABLA)							
				ADOBE							
							N° de viviendas: 20				
FOTO											
							Muy Malo				
							Malo				
							Regular				
ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA							Bueno				

TABLA 43. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-010	Coordenadas: 5.876258° -73.570536°					Emplazamiento al borde del río	NO	
							Zonas bajas respecto a la vía	NO	
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
				ADOBE					
						ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA	Muy Malo		
							Malo		
							Regular		
							Bueno		
N° de viviendas: 30									

Fuente: Autores

TABLA 44. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-011	Coordenadas: 5.878179 -73.570303					Emplazamiento al borde del río	NO	
							Zonas bajas respecto a la vía	NO	
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
					ADOBE				N° de viviendas: 15
<p>FOTO</p> 						ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA	Muy Malo		
							Malo		
							Regular		
							Bueno		

Fuente: Autores

TABLA 45. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-012	Coordenadas: 5.878950 - 73.571493					Emplazamiento al borde del río	NO	
							Zonas bajas respecto a la vía	NO	
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VÍA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
				ADOBE					
							N° de viviendas: 37		
<div>FOTO</div> 							Muy Malo		
							Malo		
							Regular		
							Bueno		
ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA									

Fuente: Autores

TABLA 46. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-013	Coordenadas: 5.878771 - 73.572908					Emplazamiento al borde del río	NO	
							Zonas bajas respecto a la vía	NO	
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VÍA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
				ADOBE					
<u>FOTO</u>							N° de viviendas: 47		
							ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA		
							Muy Malo		
							Malo		
							Regular		
							Bueno		

Fuente: Autores

TABLA 47. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL										
ID	ZVI-014	Coordenadas: 5.878108 - 73.574653					Emplazamiento al borde del río	SI		
							Zonas bajas respecto a la vía	NO		
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE			
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR			
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA			
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO			
	OTRO			ACABADO BLANCO						
				CERAMICA						
				BLOQUE						
				TEJA (ZINC)						
				MADERA (TABLA)						
				ADOBE						
	<u>FOTO</u>							N° de viviendas: 28		
							ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA			
							Muy Malo			
							Malo			
							Regular			
							Bueno			

Fuente: Autores

TABLA 48. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de edificaciones en general.

EDIFICACIONES EN GENERAL									
ID	ZVI-015	Coordenadas: 5.879197 - 73.575217					Emplazamiento al borde del río	SI	
							Zonas bajas respecto a la vía	NO	
CUBIERTA DE VIVIENDA	PLACA DE HORMIGÓN		MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	PLACA DE HORMIGÓN		ACCESO A VIVIENDA	CARRETEABLE		
	TEJA DE BARRO			LADRILLO TOLETE			VÍA SIN PAVIMENTAR		
	TEJA DE ETERNIT			LADRILLO			VIA PAVIMENTADA		
	LÁMINA ZINC			ACABADO GRIS			OTRO		
	OTRO			ACABADO BLANCO					
				CERAMICA					
				BLOQUE					
				TEJA (ZINC)					
				MADERA (TABLA)					
				ADOBE					
FOTO							N° de viviendas: 41		
							Muy Malo		
							Malo		
							Regular		
							Bueno		
ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA									

Fuente: Autores

10.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES PARA EDIFICACIONES EN GENERAL

10.2.1 Metodología Cualitativa

Comprende el análisis de las edificaciones utilizando las variables del siguiente cuadro:

TABLA 49. Metodología Cualitativa: Variables e indicadores críticos ante inundaciones.

VARIABLE	INDICADOR CRÍTICO
MATERIALES DE CONTRUCCIÓN	TEJA (ZINC) - MADERA (TABLA) - ADOBE
ESTADO DE CONSERVACIÓN	MALO - MUY MALO
EMPLAZAMIENTO AL BORDE DEL RÍO	SI
SECTORES BAJOS RESPECTO A LA VÍA	SI

Fuente: Autores

FIGURA 54. Análisis de cubiertas de viviendas.

CUBIERTA DE VIVIENDA	Nº VIVIENDAS
PLACA DE HORMIGÓN	304
TEJA DE BARRO	0
TEJA DE ETERNIT	61
LÁMINA ZINC	23

Fuente: Autores



FIGURA 55. Análisis de muros de viviendas.

MUROS DE VIVIENA (EXTERIOR)	N° VIVIENDAS
PLACA DE HORMIGÓN	192
LADRILLO TOLETE	0
LADRILLO	33
ACABADO GRIS	17
ACABADO BLANCO	0
CERAMICA	67
BLOQUE	56
TEJA (ZINC)	23
MADERA (TABLA)	0



Fuente: Autores

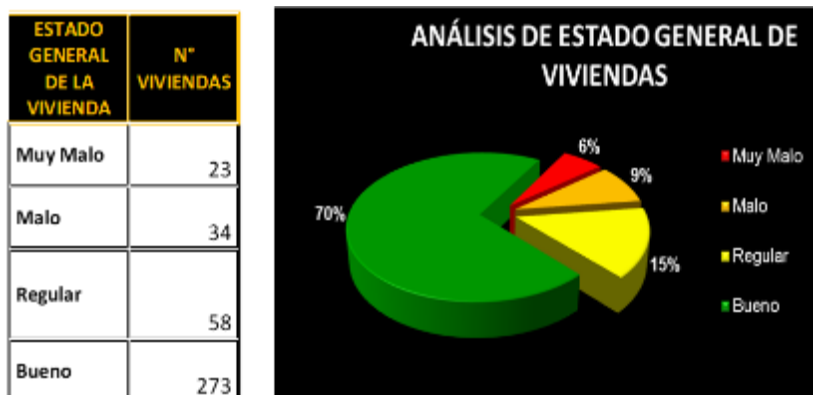
FIGURA 56. Análisis de acceso a viviendas.

ACCESO A VIVIENDA	N° VIVIENDAS
CARRETEABLE	0
VÍA SIN PAVIMENTAR	137
VIA PAVIMENTADA	251



Fuente: Autores

FIGURA 57. Análisis de estado general de viviendas.

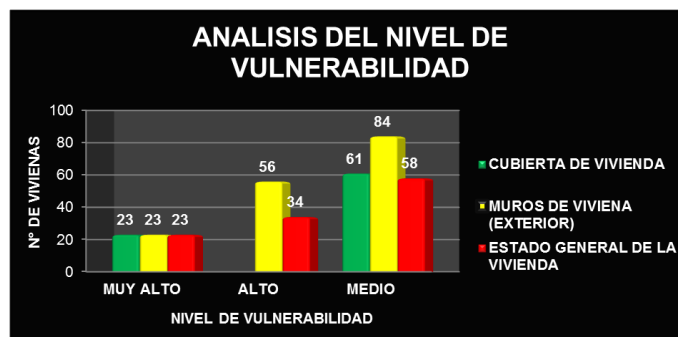


Fuente: Autores

- El nivel de vulnerabilidad es correspondiente a los sectores de peligro y que tienen las variables seleccionadas.
- Ésta, permite identificar específicamente los frentes de cuadras y lotes que son vulnerables y se encuentran en riesgo ante inundaciones.

FIGURA 58. Resultados obtenidos del Análisis de Nivel de Vulnerabilidad para viviendas en general.

VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	MUY ALTO	ALTO	MEDIO
CUBIERTA DE VIVIENDA	23		61
MUROS DE VIVIENDA (EXTERIOR)	23	56	84
ESTADO GENERAL DE LA VIVIENDA	23	34	58
TOTAL DE VIVIENDAS	69	90	203



Fuente: Autores

10.2.2 Metodología Heurística

Esta metodología combina lo cualitativo con lo cuantitativo, para lo cual se procedió de la siguiente manera:

- Elección de las variables más representativas de vulnerabilidad ante inundaciones.
- Asignación de un peso o ponderación de acuerdo a su incidencia ante inundaciones (a mayor peso, mayor incidencia).
- Asignación de un valor numérico a cada uno de los indicadores de cada variable (mayor valor al que tiene mayor incidencia).

TABLA 50. Metodología Heurística: ponderación y valoración de variables de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones.

VARIABLES DE VULNERABILIDAD			MATERIALES	ESTADO DE CONSERVACIÓN	EMPLAZAMIENTO BORDE DEL RÍO	SECTORES BAJOS RESPECTO A LA VÍA
PONDERACIÓN (P)			6	4	10	10
	4	MUY ALTO	TEJA (ZINC), MADERA (TABLA), ADOBE	Muy Malo	SI	SI
VALOR (V)	3	ALTO	BLOQUE	Malo	--	--
(De los Indicadores)	2	MEDIO	ACABADO BLANCO, ACABADO GRIS, CERAMICA	Regular	--	--
	1	BAJO	PLACA DE HORMIGÓN, LADRILLO TOLETE, LADRILLO	Bueno	NO	NO

Multiplicando el valor de la ponderación de la variable con el valor del indicador, se obtiene el rango del nivel de vulnerabilidad estructural.

Para el establecimiento de los rangos o niveles de vulnerabilidad estructural; secuencialmente se establece la diferencia entre el puntaje menor posible y el mayor obtenido, se divide la diferencia entre 4 y finalmente se establecen los 4 rangos semejantes. De esta manera, los niveles de vulnerabilidad estructural de cada sector, quedan establecidos mediante los rangos que se muestran en el cuadro.

TABLA 51. Metodología Heurística: Niveles de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones.

NIVELES DE VULNERABILIDAD			RANGOS
MUY ALTO	4		De 98 a 120
ALTO	3		De 75 a 97a
MEDIO	2		De 53 a 74
BAJO	1		De 30 a 53

Fuente: Autores

10.3 VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS Y LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA

Para el análisis de vulnerabilidad estructural de los Servicios de atención de emergencias y lugares de concentración pública (Instituciones Educativas y Otros Equipamientos), se identifican en principio las características tanto físicas como de organización de cada uno de los establecimientos de acuerdo con las matrices.

Una vez aplicados estos dos últimos cuadros, se obtiene la calificación de cada servicio de atención de emergencia y lugares de concentración pública, según las siguientes matrices:

TABLA 52. Matriz de evaluación de las características físicas de los Servicios de atención de Emergencias.

N°	NOMBRE	DIRECCIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS (SERVICIOS DE EMERGENCIA)																	ORGANIZACIÓN								
			Capacidad				Materiales										Estado de Conservación			N° de Pisos	ÁREA (m2)		Organización (Comité)		Capacitación (simulacro)		Seguro	
																					Terreno	Edificación	SI	NO	SI	NO	SI	NO
			Médicos	Numero de camas	Personal de servicio y seguridad	PLACA DE HORMIGÓN	LADRILLO TOILETE	LADRILLO	BLOQUE	ACABADO BLANCO	ACABADO GRIS	CERÁMICA	TEJA (ZINC)	MADERA (TABLA)	ADOBE	OTRO	Buena	Regular	Malo		Muy malo							






Fuente: Metodología PREDES, Perú. Olga Lozano Cortijo. 2013. Adaptó autores

TABLA 53. Matriz de evaluación de las características físicas de los lugares de concentración pública: otros equipamientos.

TIPO	N°	NOMBRE	DIRECCIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS (CONCENTRACIÓN PÚBLICA)																	ORGANIZACIÓN									
				Capa cidad		Materiales												Estado de Conserva ción		N° DE PISOS	ÁREA (m2.)	Organiz ación (Comité)		Capacit ación (simulac ro)		Seguro				
				Personal	Médicos	Número de camas	Personal de servicio y seguridad	PLACA DE HORMIGÓN	LADRILLO TOILETE	LADRILLO	BLOQUE	ACABADO BLANCO	ACABADO GRIS	CERÁMICA	TEJA (ZINC)	MADERA (TABLA)	ADOBE	OTRO	Bueno			Regular	Malo	Terreno Edificación	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Culto																														
Recreación																														
Comercio																														
Financiero																														
Otros																														

Fuente: Metodología PREDES, Perú. Olga Lozano Cortijo. 2013. Adaptó autores

TABLA 54. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de los lugares de concentración pública.

TIPO	N°	NOMBRE	DIRECCIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS (CONCENTRACIÓN PÚBLICA)														ORGANIZACIÓN						EVIDENCIAS TRABAJO EN CAMPO						
				CAPACIDAD	Materiales (EXTERIOR)								Estado de Conservación				N° DE PISOS	ÁREA (m2)		Organización (Comité)	Capacitación (simulacro)		Seguro	REGISTRO FOTOGRAFICO						
				PERSONAL	PLACA DE HORMIGÓN	LADRILLO TOLETE	LADRILLO	BLOQUE	ACABADO BLANCO	ACABADO GRIS	CERAMICA	TEJA (ZINC)	MADERA (TABLA)	ADOBE	SIN MURO	Bueno		Regular	Malo	Muy malo	Terreno	Edificación	SI		NO	SI	NO	SI	NO	
Culto	1	BASILICA NUESTRA SEÑORA DEL ROSSARIO DE MONQUIRÁ	CALL19 #13 - 40	220														1	534	432										
Culto	2	SALÓN DEL REINO DE LOS TESTIGOS DE JEHOVA	CRA 9 # 10	100														1	274	199										
Culto	3	IGLESIA MINISTERIAL DE JESUCRISTO	CRA 3 # 20	120														1	176	92										
Recreación	4	PATINÓDROMO	CRA 2 #16	800														1	3990	2462										
Recreación	5	CENTROS VACACIONALES	VÍA SECUNDARIA MONQUIRÁ - BARBOSA	3000														3	17117	11628										

155



Fuente: Autores

TABLA 55. Matriz de evaluación de las características físicas de los lugares de concentración pública: instituciones educativas.

N°	NOMBRE	DIRECCION	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS (INSTITUCIONES EDUCATIVAS)																	ORGANIZACIÓN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
			NIVEL			CAPACIDAD			MATERIALES											Estado de Conservación			N° DE PISOS	ÁREA (m2)		Organización (Comité ante)		Capacitación		Seguimiento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
			Inicial	Primaria	Secundaria	Superior	Alumnos	Docentes	Adm.	TOTAL	PLACA DE HORMIGÓN	LADRILLO TOLETE	LADRILLO	BLOQUE	ACABADO BLANCO	ACABADO GRIS	CERAMICA	TEJA (ZINC)	MADERA (TABLA)	ADOBE	OTRO	Bueno		Regular	Malo	Muy malo	Terreno	Edificación	SI		NO	SI	NO	SI	NO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Fuente: Metodología PREDES, Perú. Olga Lozano Cortijo. 2013. Adaptó autores

TABLA 56. Resultados de la aplicación a la matriz de evaluación de las características físicas de los lugares de concentración pública: instituciones educativas.

N°	NOMBRE	DIRECCIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS (INSTITUCIONES EDUCATIVAS)																				ORGANIZACIÓN						EVIDENCIAS TRABAJO EN CAMPO							
			NIVEL				CAPACIDAD				MATERIALES												Estado de Conservación				N° DE PISOS	ÁREA (m2.)		Organización (Comité ante desastres)		Capacitación (simulacros)		Seguro		
			Inicial	Primaria	Secundaria	Superior	Alumnos	Docentes	Adm.	TOTAL	PLACA DE HORMIGÓN	LADRILLO TOILETE	LADRILLO	BLOQUE	ACABADO BLANCO	ACABADO GRIS	CERAMICA	TEJA (ZINC)	MADERA (TABLA)	ADOBE	OTRO	Bueno	Regular	Malto	Muy malo	Terreno		Edificación		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
REGISTRO FOTOGRAFICO																																				
1	INSTITUCIÓN EDUCATIVA ANTONIO NARIÑO	CRA 3 # 19					820	18	7	25														3	1265	923										
2	SENA	CRA 3 # 20					450	12	3	15														2	853	687										

Fuente: Autores

TABLA 57. Metodología Heurística:ponderación y valoración de variables de vulnerabilidad estructural de los servicios de atención de emergencias instituciones educativas.y lugares de concentración pública ante inundaciones

VARIABLES DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL			CAPACIDAD	MATERIALES	ESTADO DE CONSERVACIÓN	EMPLAZAMIENTO BORDE DEL RÍO	ZONAS BAJAS RESPECTO A LA VÍA
PONDERACIÓN (P)			4	6	4	10	10
VALOR (V) Indicadores	4	Muy Alto	> 500	TEJA (ZINC) MADERA (TABLA) ADOBE	MUY MALO	SI	SI
	3	Alto	300 < 500	BLOQUE	MALO	--	--
	2	Medio	100 < 300	ACABADO BLANCO ACABADO GRIS CERAMICA	REGULAR	--	--
	1	Bajo	< 100	PLACA DE HORMIGÓN LADRILLO TOLETE LADRILLO	BUENO	NO	NO

Fuente: Metodología PREDES, Perú. Olga Lozano Cortijo. 2013. Adaptó autores

TABLA 58. Metodología Heurística: Niveles de vulnerabilidad estructural de los servicios de atención de emergencia y lugares de concentración pública ante inundaciones

NIVELES DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL			RANGOS
MUY ALTO	4		De 113 a 136
ALTO	3		De 87 a 112
MEDIO	2		De 61 a 86
BAJO	1		De 34 a 60

Fuente: Metodología PREDES, Perú. Olga Lozano Cortijo. 2013. Adaptó autores

TABLA 59. Matriz de calificación de los niveles de vulnerabilidad estructural ante inundaciones de los servicios de atención de emergencias y lugares de concentración pública.

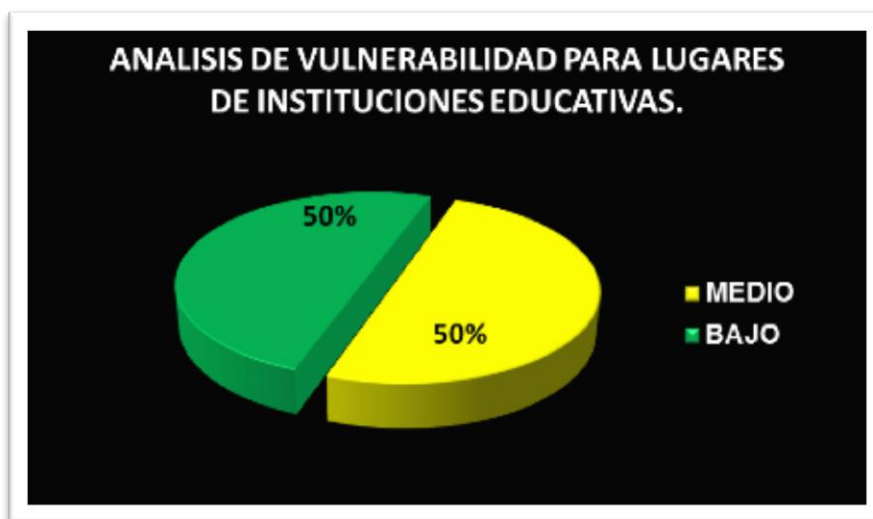
Nº	NOMBRE	VARIABLES DE VULNERABILIDAD										PUNTAJE Y NIVEL DE VULNERABILIDAD	
		P = 4		P = 6		P = 4		P = 10		P = 10		PUNTAJE	NIVEL
		V	P	V	P	V	P	V	P	V	P		

Fuente: Metodología PREDES, Perú. Olga Lozano Cortijo. 2013. Adaptó autores

TABLA 60. Resultados de la aplicación a la matriz de calificación de los niveles de vulnerabilidad estructural ante inundaciones de instituciones educativas.

Nº	NOMBRE	VARIABLES DE VULNERABILIDAD										PUNTAJE Y NIVEL DE VULNERABILIDAD	
		CAPACIDAD		MATERIALES		ESTADO DE CONSERVACIÓN		EMPLAZAMIENTO BORDE DE RÍO		ZONAS BAJAS RESPECTO A LA VÍA		4 =	113 - 136
												3 =	87 - 112
												2 =	61 - 86
		P = 4		P = 6		P = 4		P = 10		P = 10		1 =	34 - 60
		V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	PUNTAJE	NIVEL
1	INSTITUCIÓN EDUCATIVA ANTONIO NARIÑO	4	16	3	18	2	8	1	10	1	10	62	MEDIO
2	SENA CENTRO DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA Y FORTALECIMIENTO EMPRESARIAL	3	12	2	12	1	4	1	10	1	10	48	BAJO

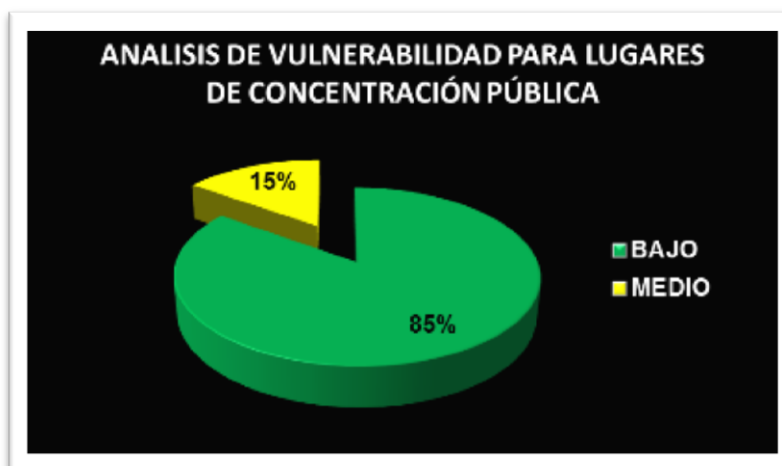
Fuente: Autores



Fuente: Autores

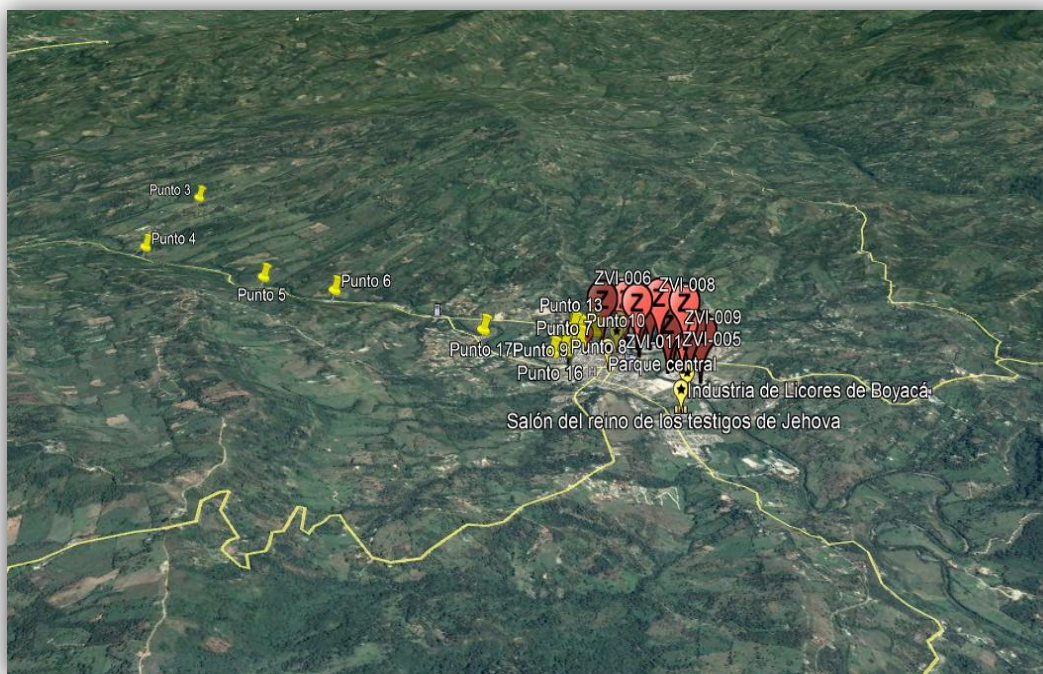
TABLA 61. Resultados de la aplicación a la matriz de calificación de los niveles de vulnerabilidad estructural ante inundaciones de instituciones educativas.

N°	NOMBRE	VARIABLES DE VULNERABILIDAD										PUNTAJE Y NIVEL DE VULNERABILIDAD	
		CAPACIDAD		MATERIALES		ESTADO DE CONSERVACIÓN		EMPLAZAMIENTO BORDE DE RÍO		ZONAS BAJAS RESPECTO A LA VÍA		4 = 113 - 136	
		P = 4		P = 6		P = 4		P = 10		P = 10		3 = 87 - 112	
		V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	2 = 61 - 86	
												1 = 34 - 60	
												PUNTAJE	NIVEL
1	BASILICA NUESTRA SEÑORA DEL ROSSARIO DE MONQUIRÁ	2	8	2	12	1	4	1	10	1	10	44	BAJO
2	SALÓN DEL REINO DE LOS TESTIGOS DE JEHOVA	2	8	2	12	1	4	1	10	1	10	44	BAJO
3	IGLESIA MINISTERIAL DE JESUCRISTO	2	8	2	12	1	4	1	10	1	10	44	BAJO
4	PATINÓDROMO	4	16	1	6	2	8	1	10	1	10	50	BAJO
5	CENTROS VACACIONALES	4	16	2	12	2	8	1	10	1	10	56	BAJO
6	COLISEO	4	16	1	6	1	4	1	10	1	10	46	BAJO
7	CANCHAS SINTÉTICAS	3	12	1	6	1	4	1	10	1	10	42	BAJO
8	PLAZA DE MERCADO	3	12	2	12	4	16	1	10	1	10	60	BAJO
9	PARQUE AUTOMOTOR TRANSPORTE INTERMUNICIPAL	1	4	2	12	2	8	1	10	1	10	44	BAJO
10	ESTACIÓN DE SERVICIO PETROBRAS	1	4	2	12	1	4	1	10	1	10	40	BAJO
11	ESTACIÓN DE SERVICIO MOBIL	1	4	2	12	1	4	1	10	1	10	40	BAJO
12	FINANCIERA BANCAMIA	1	4	1	6	1	4	1	10	1	10	34	BAJO
13	INSTITUTO DE TRANSITO DE BOYACÁ - MONQUIRÁ	1	4	1	6	1	4	1	10	1	10	34	BAJO
14	ZONA HOTELERA	4	16	2	12	1	4	1	10	1	10	52	BAJO
15	INDUSTRIA DE LICORES DE BOYACÁ (Antiguas Instalaciones)	1	4	1	6	4	16	1	10	1	10	46	BAJO
16	CENTRAL DE ABASTOS	4	16	4	24	4	16	1	10	1	10	76	MEDIO
17	PARQUE SIMON BOLIVAR	4	16	4	24	1	4	1	10	1	10	64	MEDIO
18	PARQUE CENTRAL	4	16	4	24	1	4	1	10	1	10	64	MEDIO
19	ALCALDÍA MUNICIPAL	2	8	2	12	1	4	1	10	1	10	44	BAJO
20	FABRICA Y VENTA DE BOCADILLOS	4	16	2	12	1	4	1	10	1	10	52	BAJO



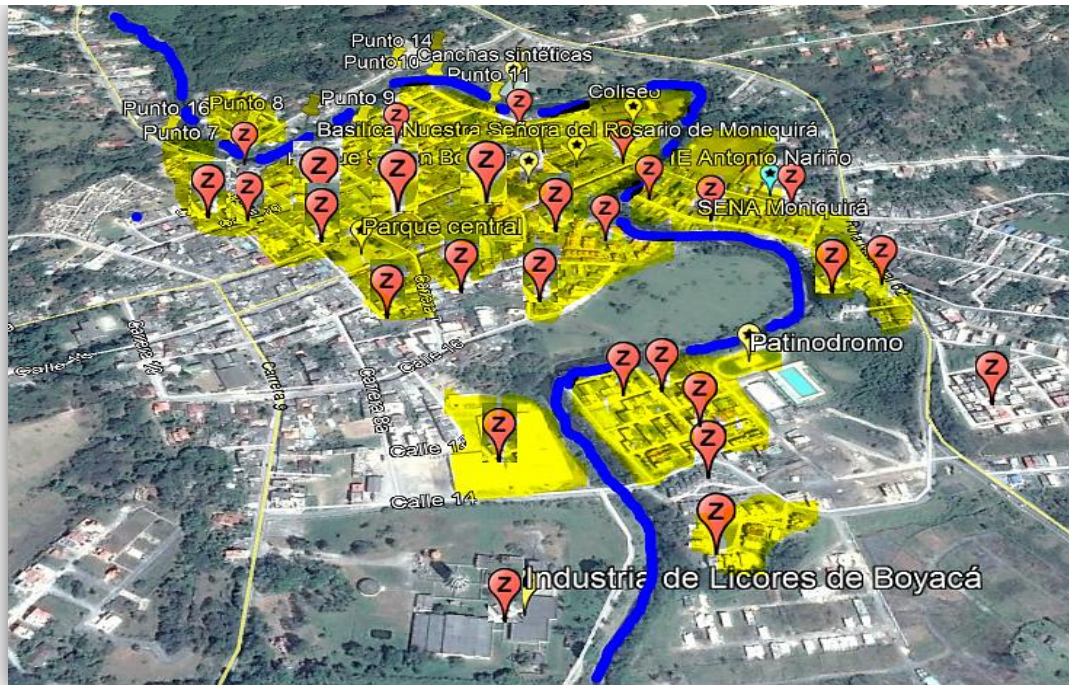
Fuente: Autores

FIGURA 59. Puntos de control de trabajo de campo área urbana



Fuente: Autores

FIGURA 60. Espacialización puntos de control de trabajo de campo área urbana



Fuente: Autores

11 COMPONENTE DE CARACTERIZACION GENERAL DE ESCENARIOS DE RIESGO

11.1 IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO.

Riesgo por:

- Inundación del Rio Pomeca Vereda Ubaza en límites con Togui
- Inundación Rio Moniquirá Vereda Monjas bajo, sector el Milenio
- Inundación Vereda San Cristóbal sector baudito
- Inundación vereda Papayal sector las Vegas
- Inundación rio Moniquirá Vereda Monsalve sector antiguo Festival de verano
- Inundación rio Moniquirá Sector Centro Vacacional Comfaboy
- Inundación rio Moniquirá Sector Barrio la Carolina
- Inundación rio Moniquirá Sector Barrio la Uadita.
- Inundación rio Moniquirá Sector Plaza de Mercado y Licorera.
- Inundación rio Moniquirá Sector Barrio portales del Río, patinodromo y piscina olímpica.
- Inundación rio Moniquirá Barrio barrancas sector Roque Díaz.
- Inundación rio Moniquirá Balcones de la Riviera.
- Inundación rio Moniquirá Barrio la aurora sector estadio y Matadero Municipal
- Inundación rio Moniquirá Barrio palmar
- Inundación rio Moniquirá Sector Cancha sintética Chapinero
- Inundación rio Moniquirá sector barrio Villa del río
- Inundación rio Moniquirá sector Barrio la Floresta Frente a la Condominio la Esmeralda.
- Inundación rio Moniquirá Sector Guadalajara y cárcel
- Inundación rio Moniquirá Institución Educativa Antonio Nariño sede agrícola
- Inundación y desbordamiento de la Quebrada la Sarabia Sector Colinas bajo piscina Municipal
- Inundación y desbordamiento de la quebrada la caña Sector barrió Ricaurte hasta la desembocadura al rio Moniquirá
- Inundación Quebrada la saraza sector Vereda Potrero grande Sector resguardo
- Creciente súbita y socavación de la quebrada saraza sector primer puente
- Inundación y crecienta súbita de la quebrada colorado alto carretera central vía colegio el cocuy
- Represamiento la quebrada minas y la honda en la vereda Coper y coralina la vega o mata redonda
- Crecientes súbitos que afectan la bocatoma de la quebrada la Sicha en el acueducto municipal y veredales.

- Falta de la capacidad de la red aguas lluvias del municipio en el casco urbano.
- Desbordamiento e inundación quebrada la naranja vereda Chovo
- Creciente súbito Quebrada la Sicha.
- Problema por aguas residuales o servidas creciente del Río Moniquirá

11.1.1 Descripción De Situaciones De Desastre O Emergencia

TABLA 62. Situaciones de Desastre o Emergencia

FECHA DE OCURRENCIA	SITUACIÓN	FACTORES QUE FAVORECIERON LA OCURRENCIA DEL FENÓMENO	DAÑOS Y PÉRDIDAS PRESENTADAS
19 de abril de 2011	La inundación que marco la memoria de los moniquireños se presentó asociado un evento de variabilidad climática denominado fenómeno de la Niña y que se le conoce en el municipio como “Ola Invernal 2010 – 2011” donde quedaron lecciones aprendidas, que dejaron huellas notorias de los efectos amenazantes de inundaciones dados por aumento y desbordamiento del caudal del Río Moniquirá; donde el caudal del río traspasó las barreras perimetrales causando daños materiales en enseres y viviendas.	Presencia de meandros que coinciden la zona más plana de su curso, haciendo que su recorrido sea muy susceptible a la inundación por cambio de curso; - La invasión del tramo medio urbano con actividades y edificaciones dentro del área de protección de ronda del río; - Condiciones hidrometeorológicas inusuales, fenómeno de la Niña. - Colapso de la red de alcantarillado y aguas lluvias - Invasión de la ronda del río por parte de algunas comunidades, es decir el cauce activo, que representa el cuerpo de agua, y el lecho o cauce mayor.	Afectación inicial de servicios públicos como acueducto, alcantarillado, aseo, energía, transporte público, infraestructura en salud, infraestructura educativa, infraestructura vial. Afectación de cultivos de caña, café, yuca. Afectaciones menores a industrias productoras de bocadillo.
22 de abril del 2012	El Río Moniquirá se desbordó afectando 9 barrios, más de 50 viviendas y 380 familias damnificadas	- El nivel socioeconómico de algunas personas les obliga a habitar zonas de riesgo - La construcción social del riesgo donde a medida que las zonas del río y quebradas son invadidas por las comunidades, el estado les provee servicios públicos. - Legalización de predios en zonas de riesgo - Falta de control urbano y ambiental por parte de las entidades encargadas de ejercerla - Falta conciencia del riesgo por parte de la comunidad.	9 barrios, más de 50 viviendas, 380 familias afectadas
Mayo del 2016	El río Moniquirá, presentó creciente debido a las lluvias		Afectación de Cultivos de caña, Café, yuca - Afectaciones menores a industrias productoras de bocadillo
21 de Octubre del 2016	Desbordamiento, de la quebrada la Sarabia, sector colinas bajo, ocasionado por el fenómeno hidrometeorológico, con fuertes lluvias		16 familias afectadas, afectación en enseres domésticos. Se activaron sectores con remoción en masa, los cuerpos de agua afectaron

Fuente: Autores

11.1.2 Identificación De Escenarios De Riesgo Por Inundación.

La temporada normal de lluvias y el fenómeno de la Niña que en nuestro país se caracteriza por el incremento considerable de las lluvias hace que los ríos y quebradas del municipio aumenten su caudal, sumado a que las comunidades principalmente en el área urbana habitan dentro de la ronda del río Moniquirá, esta son causas que contribuyen a la detonación de este fenómeno amenazante, adicionalmente se debe tener en cuenta también la tala masiva de árboles que ocasiona problemas de drenaje, pues la tierra erosionada tiene una capacidad menor para

absorber el agua, lo que lleva a que ésta se desplace hacia los cauces del río y alrededores causando inundaciones.

Adicionalmente, Monquirá ha crecido alrededor del río, haciendo que la presencia de construcciones alrededor del cauce del río y de las quebradas en el área reduzca la sección útil para evacuar el agua y a la vez causa pérdidas materiales y hasta la muerte de las personas que habitan o trabajan en el lugar. Además, no existe una cultura de protección del medio ambiente y de fuentes hídricas por parte de la comunidad, aún persiste el vertimiento de aguas residuales sin tratar a los cauces del río y quebradas, aun algunas personas arrojan basuras a sus lechos y a las alcantarillas, generando taponamiento a los lugares por donde el agua puede salir generando mayores consecuencias durante las inundaciones.

11.1.2.1 Identificación de causas del fenómeno amenazante:

- Construcciones en la ronda del río y quebradas
- Condiciones socioeconómicas y de vulnerabilidad de las comunidades asentadas en la ronda de ríos y quebradas.
- La construcción social del riesgo donde a medida que las zonas del río y quebradas son invadidas por las comunidades, el estado les provee servicios públicos.
- Legalización de predios en zonas de riesgo
- Falta de control urbano y ambiental por parte de las entidades encargadas de ejercerla
- Falta conciencia del riesgo por parte de la comunidad
- Falta de fortalecimiento de capacidades de respuesta de entidades operativas
- Falta de implementación de planes de contingencia
- Falta de capacitación comunitaria e institucional para la respuesta.
- La no implementación de procesos de reducción de riesgo de desastres de tipo estructural y no estructural

11.1.2.2 Identificación de factores que favorecen la condición de amenaza:

- La no implementación de la política de gestión de riesgo de desastres.
- La falta de concienciación de las comunidades que habitan en la ronda del río y de las quebradas
- La falta de gestión pública para identificar programas de vivienda para las comunidades asentadas en la ronda del río y de las quebradas
- Falta de programas y proyectos de reubicación
- La no conformación del Fondo territorial para la gestión de riesgo de desastres y la ausencia de recursos para gestión de riesgo
- La falta de programas serios para intervenir el entorno del río y de las quebradas
- El no cumplimiento de las normas urbanísticas
- La no identificación de áreas y/o zonas con condición de riesgo y condición de amenaza para tomar acciones desde gestión de riesgo en el ordenamiento territorial relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente y los recursos naturales.

- La no generación de preparación y elaboración de preparativos para desastres y emergencias.

11.1.2.3 Identificación de actores significativos en la condición de amenaza:

- La comunidad asentada en zonas de riesgo identificadas como de amenaza alta y media
- La administración municipal
- El Consejo Municipal para la Gestión de Riesgo de Desastres
- Las instituciones educativas

11.1.3 Identificación general:

a) Incidencia de la localización:

La ubicación de las comunidades en la ronda del río y de las quebradas, el desarrollo del municipio entorno al río, la realización de actividades institucionales, administrativas, educativas, industriales y comerciales hacen que los bienes públicos y particulares se vean altamente expuestos a este fenómeno amenazante, la carencia de un ordenamiento del territorio.

b) Incidencia de la resistencia:

La resistencia física de los bienes expuestos al fenómeno amenazante de inundaciones no cumple con las condiciones de sismo resistencia debido a que son estructuras antiguas, y las más recientes son construidas sin permisos o licencias de construcción y además están invadiendo la ronda del río y de las quebradas, además es evidente un proceso alto de vulnerabilidad física y funcional de las estructuras tanto publicas y privadas.

c) Incidencia de las condiciones socio-económica de la población expuesta:

La incidencia de las condiciones socioeconómicos de la población expuesta que habita la zona de riesgo por la presencia del fenómeno amenazante son comunidades de escasos recursos, que las cuales muchas de estas no pueden demostrar la propiedad del inmueble, además las condiciones de vulnerabilidad social y económica los hace propensos a ser afectados directamente por el fenómeno amenazante y no les permite realizar de resiliencia y recuperación muy fácil.

d) Incidencia de las prácticas culturales:

Culturalmente las comunidades expuestas al fenómeno amenazante de inundación se dedican al comercio formal e informal, a la agricultura y ganadería como jornaleros o trabajadores y otras actividades, se dedican a subsistir de estas actividades económicas que desde la mirada de vulnerabilidad económica los escasos recursos que reciben los hace susceptibles y propensos de sufrir daño o pérdida.

Población y vivienda:

Los barrios afectados por el fenómeno amenazante de inundación la Uadita, portales del río, el palmar la Floresta, condominio balcones de la Riviera, la aurora sector el puente, colinas bajo, chapinero y otros barrios.

Infraestructura y bienes económicos y de producción, públicos y privados:

- Viviendas del sector privado
- Puentes vehiculares de interés para el municipio
- Instituciones educativas públicas y privadas
- Edificación de la administración Municipal
- Áreas de recreación.
- Locales comerciales

Infraestructura de servicios sociales e institucionales:

- Instituciones educativas públicas y privadas sede Antonio Nariño
- Edificación de la administración Municipal
- Áreas de recreación parques, piscina municipal.
- Locales comerciales

Bienes ambientales:

- Río Moniquirá
- Quebrada la Sarabia
- Quebrada la Saraza
- Quebrada las Sicha
- Parque Natural Regional Serranía El Peligro

11.1.4 Medidas De Intervención En La Mitigación Del Riesgo Por Inundación.

El riesgo residual se fundamenta en el hecho de que las medidas estructurales y no estructurales no pueden eliminar el riesgo de inundación por completo.

Tanto las medidas estructurales como no estructurales son de especial relevancia en la reducción del riesgo. Su funcionalidad y fiabilidad desempeñan un papel importante por diversas razones: Funcionalidad de las medidas estructurales: Las medidas estructurales se diseñan para eventos asociados a una cierta probabilidad anual de excedencia. Si se produce un evento superior al de diseño, la estructura no es capaz de proporcionar la protección necesaria frente a la inundación, perdiendo su funcionalidad.

Fiabilidad de las medidas estructurales: Las infraestructuras de protección o retención, como presas y diques, evitan consecuencias hasta el punto en el que éstas resultan fiables. Más allá de

cierto nivel, su rotura o fallo incrementa las consecuencias de la inundación, aunque vinculadas a una probabilidad de ocurrencia muy reducida.

Funcionalidad de las medidas no estructurales: Las medidas no estructurales reducen el riesgo de inundación cuando ésta ya se ha producido, reduciendo las consecuencias de la misma. A tal efecto, pueden emplearse medidas como el planeamiento urbano, sistemas de predicción meteorológica, modelos de pre-caracterización de avenidas, sistemas de aviso y procedimientos de evacuación.

Fiabilidad de las medidas no estructurales: Debe analizarse la robustez de dichas medidas para conocer si su funcionamiento y aplicación serán correctos para alcanzar la máxima reducción posible, dado que su fallo o ineficacia puede ocasionar importantes consecuencias.

11.1.5 Medidas Estructurales Para La Reducción Del Riesgo De inundación

Las medidas estructurales para la reducción del riesgo de inundación comprenden todas aquellas medidas consistentes en la construcción de obras civiles con el fin de proteger áreas frente a inundaciones. Existen diferentes estrategias en función de cada caso. En general, estas medidas pueden dividirse en tres grupos:

- Estructuras de retención: Su misión consiste en retener el agua para evitar inundaciones asociadas a grandes descargas, que pueden producir importantes daños e incluso el fallo de la propia estructura de retención o de otras estructuras existentes aguas abajo. Las estructuras más comunes son presas y embalses situados aguas arriba de zonas urbanas.
- Estructuras de protección: Estas estructuras protegen la zona urbana de forma directa, evitando la entrada del agua en la ciudad, como son los diques, o bien forzando al flujo a discurrir por un determinado lugar, como es el caso de los encauzamientos. Estas estructuras aportan protección frente inundaciones fluviales y marítimas.
- Sistemas de drenaje: Los sistemas de captación y drenaje se diseñan para la gestión del agua de escorrentía generada por un evento de precipitación en la zona urbana y sus alrededores. Por tanto, son estructuras de protección frente a inundaciones de origen pluvial. Cabe considerar que las estructuras deben diseñarse teniendo en cuenta la dinámica natural del río, comprendiendo su naturaleza cambiante. En teoría, las estructuras deben diseñarse permitiendo, en la medida de lo posible, el régimen natural del río, respetando los cursos naturales del agua (Ureña y Teixeira, 2004 [14])

Las medidas estructurales presentan un papel fundamental en la reducción del riesgo de inundación, pues evitan numerosas avenidas.

11.1.5.1 Estructuras de retención

Principales estructuras de retención en cauces fluviales

Engloban, principalmente, presas que pueden presentar diferentes tamaños, ubicadas aguas arriba de zonas urbanas. Su función consiste en el almacenamiento de agua para diferentes usos: riego, abastecimiento urbano, producción eléctrica, usos recreativos y protección frente a inundaciones mediante laminación de avenidas.

Las grandes presas pueden almacenar grandes volúmenes de agua y aportan un elevado grado de protección. Las tipologías más comunes son:

- Presas de gravedad.
- Presas arco.
- Presas de contrafuertes.
- Presas de materiales sueltos.

Las presas tienen una importante función como estructuras de retención para reducir el riesgo de inundación, pues la laminación de avenidas disminuye notablemente los caudales de descarga aguas abajo de la presa durante un evento extremo. Sin embargo, dado que estas infraestructuras se diseñan para una determinada avenida, asociada a una probabilidad anual de excedencia, para el caso de avenidas superiores al evento de diseño de la presa, ésta puede perder progresivamente su efectividad.

Por tanto, los beneficios sociales de la reducción del riesgo de inundación prevalecen sobre la posibilidad de rotura de la presa, dado que la probabilidad asociada es, generalmente, extremadamente baja. En la actualidad, la presión social en la gestión de seguridad de presas ha aumentado a causa de los significativos riesgos asociados a la rotura. Por ello, el enfoque tradicional del análisis de riesgo, que asume la no existencia de riesgo por rotura de la presa dados los elevados coeficientes de seguridad con los que fue diseñada, está siendo complementado por un enfoque basado en el análisis informado de riesgo, que considera el riesgo asociado al fallo de la presa, mediante la identificación, evaluación y gestión del mismo, a pesar de parecer improbable, ya que las grandes presas se diseñan para avenidas de elevados periodos de retorno (entre 5,000 y 10,000 años).

Estructuras secundarias de retención en las proximidades de zonas urbanas

Existen estructuras de menor entidad, localizadas aguas arriba de zonas urbanas, que gestionan el flujo de agua que alcanzaría la ciudad, reduciendo los caudales de escorrentía y almacenando agua durante el evento de precipitación.

Estas estructuras pueden presentar un dispositivo de control que permite mantener niveles de descarga constantes por retención de agua.

Algunos ejemplos de este tipo de estructuras son:

- Estanques de retención: Estanques o balsas de retención construidas para contener agua de forma permanente, en general, con apariencia natural. El embalse detiene y trata el agua de escorrentía, mediante sedimentación y mecanismos biológicos de absorción.

- Estanques de detención: Áreas inundables durante eventos de tormenta, mediante el almacenamiento de agua por un periodo reducido de tiempo.

Presentan menos costes que las estructuras anteriores para un mismo nivel de almacenamiento, pues requieren de menor excavación. Su nivel de complejidad puede variar desde un simple campo hasta la inundación de un área controlada automáticamente mediante órganos de desagüe.

- Estructuras subterráneas de retención: Su objetivo se basa en la reducción del caudal pico de descarga. Pueden permitir filtraciones al subsuelo, o bien pueden ser impermeables, devolviendo el agua almacenada al sistema siguiendo ratios controlados de descarga.

Las estructuras secundarias de retención pueden construirse para inundaciones con diferentes periodos de retorno, desde 1 a 100 años (ARC, 2001 [3]). Dado que estos valores no son muy elevados, un análisis de riesgos es de gran utilidad para comprender las consecuencias de una pérdida de efectividad de este tipo de medidas.

11.1.5.2 Estructuras de protección

Protección directa frente a inundaciones

Su principal función consiste en la prevención frente a inundaciones del entorno adyacente. Por ello, estas estructuras están ubicadas normalmente a lo largo de la costa, cauces fluviales, canales, lagos o embalses. Las estructuras más comunes son:

- Diques: Se construyen siguiendo el cauce del río, mar o el perfil de lagos naturales. Los diques marítimos se construyen generalmente a partir de montículos de materiales finos, con una pendiente suave en el lado exterior para reducir el sobrevertido y la erosión del dique debido al oleaje.
- Muros: Estructuras verticales cuya principal función consiste en prevenir el sobrevertido y la inundación de áreas colindantes. Pueden variar desde estructuras de paramentos verticales, como muros de hormigón en masa o de roca, hasta estructuras con superficies específicas, efectuadas mediante losas de hormigón armado, reforzado o con escombros. En el caso de protección frente a inundaciones de origen marítimo, se construyen paralelamente a la línea de costa.
- Dunas: Esta medida estructural para protección marítima se basa en la colocación de arena de playa de una granulometría específica para formar un campo de dunas que reemplaza a las dunas que han sido dañadas o eliminadas durante una fuerte tormenta. La vegetación del sistema de dunas es esencial para mantener la reconstrucción y retener el material bajo la acción del viento.
- Barreras frente a oleaje: Estas estructuras se componen de un sistema combinado de diques y compuertas. Las compuertas pueden ser deslizantes o rotatorias, cuya base está compuesta por construcciones de acero sostenidas por estructuras de hormigón con cimentación profunda. Protegen estuarios frente a la acción del oleaje o cambios en el nivel del mar.

En este grupo de estructuras para protección directa frente a inundaciones también se incluyen medidas de protección en edificios e infraestructuras. Estas medidas se centran en el uso de determinados materiales y configuraciones con el propósito de reducir el riesgo de inundación. Algunos ejemplos de estas medidas son (Kreibich et al, 2005 [30]):

- Aislamiento resistente al agua: Empleando materiales de construcción impermeables y mejorando la configuración del edificio.
- Fortificación de sótanos: Mejora de los materiales empleados en sótanos y uso de cimentaciones especiales, para evitar el colapso como consecuencia de inundaciones severas.
- Usos del suelo adaptados a inundaciones: Modificación del uso del suelo en plantas bajas de edificios para reducir las consecuencias por inundación, de modo que esta medida puede considerarse también una medida no estructural.

Las estructuras de protección reducen el riesgo de inundación debido a la formación de una barrera física al paso del agua durante un evento extremo y su diseño se define, generalmente, en base a un determinado periodo de retorno.

Las defensas marítimas se diseñan para una altura máxima de ola asociada a un periodo de retorno que varía de 25 a 5,000 años, en función de la importancia económica y las potenciales consecuencias del fallo de la infraestructura, especialmente en áreas situadas bajo el nivel del mar.

El diseño de infraestructuras de protección en ríos y canales depende de las distribuciones de caudales máximos. Los periodos de retorno empleados suelen ser inferiores que en el caso de las defensas marítimas, variando desde 5 a 1,000 años.

Los eventos extremos asociados a los periodos de retorno de diseño definen los límites de efectividad y funcionalidad de la infraestructura.

Modificación de las características del cauce

Estas estructuras de protección modifican la morfología del cauce para incrementar su capacidad en áreas urbanas, reduciendo las consecuencias. Estas medidas actúan como una protección indirecta y pueden considerarse una parte del sistema de drenaje existente.

Las principales medidas estructurales para la modificación de las características del río son:

- Ensanchamiento de la sección: Esta medida consiste en el ensanchamiento de la sección del cauce para reducir el calado resultante para el mismo nivel de descarga. }
 - Cambio de la rugosidad: Niveles más bajos de la rugosidad dan lugar a mayores velocidades del flujo, dando como resultado calados inferiores en el cauce (por ejemplo, actuando en la vegetación del cauce).
 - Encauzamientos: Esta medida se basa en la construcción de un nuevo lecho en el cauce, reduciendo en gran medida el riesgo de inundación.
- Sin embargo, esta medida es más destructiva desde el punto de vista medioambiental.

- Nuevos cauces: Se basa en la ejecución de un nuevo cauce, divergiendo el cauce natural del río. Este tipo de medidas se ejecuta cuando existe un alto riesgo de inundación, con el objetivo de evitar elevados caudales de descarga en zonas urbanas.

- Modificación de las características de la cuenca: Tareas de reforestación de la cuenca que incrementan la intercepción del agua de lluvia y reducen los caudales pico en el río.

11.1.5.3 Sistemas de drenaje

Sistemas de drenaje convencionales

La función principal del sistema de drenaje de una ciudad es la recogida del agua de lluvia a través de un complejo sistema de estructuras que incluye imbornales, arquetas, tuberías, colectores, estaciones de bombeo, etc.

En el sistema de drenaje de una ciudad pueden distinguirse dos partes. Por un lado, el sistema de alcantarillado, y por otro, el sistema principal que drena el agua superficial o el flujo excedente. Caudales elevados pueden alcanzar la capacidad máxima del sistema dando lugar a la inundación del área urbana.

Existen dos categorías para clasificar los sistemas de drenaje:

- Sistemas unitarios: El sistema capta las aguas residuales domésticas y el agua superficial en el mismo sistema de alcantarillado, lo que conlleva un mayor nivel de contaminación del agua de lluvia recogida. Se diseña para la suma de ambos caudales, aunque el caudal máximo debido al agua procedente de la precipitación es muy superior.

- Sistemas separativos: Existen dos sistemas de alcantarillado diferentes: uno para aguas residuales y otro para la captación del agua superficial. El segundo es mayor y puede ser superficial, pues la calidad del agua es superior.

Los sistemas de drenaje presentan diferentes niveles de complejidad: desde canales abiertos a complejos sistemas con estaciones de bombeo, combinadas con otras medidas estructurales para la protección frente a inundaciones. Todos estos elementos pueden afectar a la capacidad del sistema.

Tradicionalmente, los sistemas urbanos de drenaje se han diseñado para funcionar hasta un cierto nivel de servicio, asociado a un periodo de retorno, que varía desde 2 a 30 años, en función de la normativa local. Sin embargo, los sistemas de drenaje existentes no alcanzan el nivel de servicio requerido, debido al deterioro de la red y la incorporación de caudales adicionales procedentes de áreas urbanas en expansión. No obstante, pueden evitar las inundaciones asociadas a eventos muy frecuentes.

Sistemas de drenaje sostenibles

Los sistemas de drenaje sostenibles (SuDS) son sistemas innovadores desarrollados en la línea del concepto de desarrollo sostenible. Estos sistemas también se diseñan para la gestión de los

riesgos medioambientales resultantes de la escorrentía urbana y contribuir en la medida de lo posible a la mejora del medio ambiente.

Los objetivos de un sistema SuDS son: minimizar los impactos de la escorrentía generada, tanto en cantidad como en calidad, y maximizar las oportunidades de servicio y biodiversidad. La filosofía de los SuDS se centra en ejecutar una réplica, lo más cercana posible, del drenaje natural del lugar con anterioridad al desarrollo urbanístico (Woods-Ballard et al, 2007 [51]).

Los caudales de escorrentía son cada vez más elevados en áreas convencionales de nueva urbanización, pues el pavimento reduce el nivel de infiltración y presenta una rugosidad menor que el suelo natural. Las estructuras de detención reducen estos niveles.

Los sistemas SuDS deben ser capaces de reducir la escorrentía generada mediante la integración de sistemas de control del agua de lluvia ubicados en el área, en pequeñas y discretas unidades. A partir del control efectivo de la escorrentía en su origen, no se requiere un elevado nivel de atenuación para caudales elevados, minimizando las estructuras de control necesarias (Woods-Ballard et al, 2007 [51]).

Las estructuras SuDS (ARC, 2001 [3] y Kovacs, 2001 [29]) más comunes son:

- Cubiertas vegetadas: Un sistema multicapa que cubre la cubierta de un edificio o bien una estructura con vegetación sobre una capa drenante. Se diseñan para interceptar y retener la precipitación, reduciendo el volumen de escorrentía y atenuando los caudales pico.
- Áreas de bioretención: Estructuras de control de agua de lluvia que capturan y tratan el agua de escorrentía de eventos de precipitación de carácter frecuente. La calidad del agua se trata mediante vegetación en cuencas someras u otras áreas, de modo que se eliminan contaminantes.
- Franjas filtrantes: Secciones del suelo uniformemente graduadas y con una elevada densidad de vegetación, diseñadas para tratar el agua de escorrentía y eliminar contaminantes por filtrado, mediante vegetación o infiltración.
- Mejora de cunetas: Canales a cielo abierto con vegetación que tratan el agua de escorrentía por medio de celdas (húmedas o secas) construidas mediante bermas permeables.
- Filtros de arena: Estructuras multicelulares diseñadas para el tratamiento de agua de escorrentía mediante filtración, empleando balsas de pretratamiento de sedimentos, un lecho de arena como filtro primario y, normalmente, un sistema recolector bajodren.
- Balsas de retención y detención
- Estructuras de retención subterráneas: Estas estructuras permiten la retención de agua en el subsuelo, reduciendo el caudal de descarga por almacenamiento.

- Zanjas de infiltración: Excavaciones poco profundas, rellenas mediante escombros o piedras que constituyen un almacenamiento sub-superficial temporal para que el agua de escorrentía infiltre en el subsuelo circundante.

Además, deben recibir caudal lateral desde una superficie impermeable adyacente.

- Pavimentos permeables: Proveen un pavimento adecuado para peatones y/o el tráfico rodado, a la vez que permiten la infiltración del agua de lluvia a través de su superficie hacia la capa inferior. El agua se almacena temporalmente antes de ser reutilizada o devuelta a un curso o sistema de drenaje.

Además, las trayectorias a seguir por el agua superficial (calles, canales, etc.) pueden considerarse como una estructura de retención, ya que almacenan parte del agua de escorrentía, alcanzando caudales pico inferiores, pero produciendo inesperados calados y velocidades.

Los sistemas SuDS presentan límites de capacidad ya que no se diseñan para drenar eventos extremos. Su capacidad viene limitada bien por el caudal entrante, por ejemplo la capacidad de admisión de un pavimento permeable, o bien, en estructuras de retención, por el volumen de almacenamiento. Sin embargo, pueden servir de gran utilidad en términos de mejora de la calidad del agua.

11.1.5.4 Medidas estructurales y riesgo de inundación

El objetivo principal de las medidas estructurales es evidentemente la reducción del riesgo de inundación. Sin embargo, existe una determinada probabilidad de fallo.

El fallo de una medida estructural puede clasificarse en dos grupos:

- Fallo de servicio: La estructura no dispone de suficiente capacidad frente a inundaciones, pues pueden producirse eventos de inundación superiores al evento de diseño. Este fallo está asociado a una importante componente probabilística de incertidumbre, pues deriva de la ocurrencia de un evento extremo. Este tipo de fallo depende de la funcionalidad de la infraestructura.

- Fallo por rotura: El fallo depende de la incertidumbre en las cargas a la estructura y se determina en función de las características y el estado de la misma. Es más relevante en presas y diques, dadas las elevadas consecuencias potenciales de su rotura, pero la probabilidad anual de excedencia del evento que da lugar al fallo es, en general, extremadamente baja.

El primer grupo recoge los sistemas de drenaje, encauzamientos, protecciones en edificios en áreas urbanas y la mayoría de las estructuras de retención, dado que su fallo depende principalmente del evento de diseño.

Las estructuras del segundo grupo reducen el riesgo de inundación, incrementando el nivel de protección en áreas urbanas, pero existe un cierto riesgo incremental debido a la probabilidad de fallo de la estructura. Por ello, la reducción en riesgo se obtiene de la diferencia entre el riesgo

existente y el riesgo con la estructura, añadiendo el riesgo incremental por la existencia de la misma

En general, la aplicación de estas estructuras reduce el riesgo de inundación. Sin embargo, puede producirse un aumento del riesgo en determinadas circunstancias tales como:

- Casos en los que el estado de la estructura está asociado a una probabilidad de fallo alta, por lo que deben tomarse medidas para mejorar su estado, y reducir así el riesgo existente.
- Situaciones en las que la percepción del riesgo de inundación ha disminuido por la existencia de la estructura, derivando en la urbanización de áreas inundables.

Para evitarlo, deben desarrollarse políticas adecuadas de planeamiento urbano.

- Áreas potencialmente vulnerables que sólo pueden ser afectadas por inundaciones producidas por un colapso estructural, por lo que debe limitarse el riesgo incremental introducido por la estructura.

11.1.6 Medidas No Estructurales Para La Reducción Del Riesgo De Inundación

Las medidas no estructurales comprenden las políticas, advertencias, medidas para desarrollo del conocimiento, procesos legislativos y de participación pública y recopilación de información que permiten la reducción del riesgo (Graham, 1999 [22]).

En el apartado anterior, se han explicado las medidas estructurales para reducción del riesgo de inundación. Las medidas estructurales proporcionan protección hasta un determinado evento, llamado evento de diseño, a partir del cual se produce la inundación. La aplicación de medidas no estructurales puede ayudar a reducir sus consecuencias, especialmente la pérdida de vidas. Por ello, las medidas no estructurales buscan la reducción de la vulnerabilidad de la población en riesgo a partir del planeamiento y la gestión llevados a cabo antes, durante y después de la catástrofe.

Existen diferentes categorías para clasificar las medidas no estructurales. En este documento se distinguen seis grupos:

- Políticas y planeamiento urbano
- Predicción de inundaciones
- Comunicación
- Movilización
- Coordinación y procedimientos de operación
- Seguros e indemnizaciones

11.1.6.1 Políticas y planeamiento urbano

En numerosas áreas urbanas, existen zonas potencialmente inundables que han sido ocupadas por viviendas e infraestructuras a causa de una disminución en la percepción del riesgo, tras la

construcción de nuevas medidas estructurales, modificando la dinámica del río y aumentando el riesgo de inundación.

Por ello, un planeamiento urbano adecuado debe evitar la construcción de instalaciones y asentamientos en zonas inundables. Esta medida requiere del desarrollo de normativa que limite los usos de suelo y el tipo de edificación en zonas de elevado riesgo de inundación. Estas restricciones pueden variar desde la prohibición de determinados usos del suelo (como residencial, industrial, etc.) hasta requisitos en cuanto a utilización de materiales de construcción y elementos estructurales resistentes a la acción del agua.

En relación a los sistemas de drenaje, debe definirse normativa para el establecimiento de los periodos de retorno e identificación de las trayectorias del flujo para dichos valores con el objetivo de evitar futuros daños (por ejemplo, dirigir los caudales sobrantes hacia una superficie de parking o un jardín, y no en dirección a un edificio con plantas subterráneas). Estas normativas para el planeamiento urbano deben ir acompañadas de las herramientas adecuadas de estimación del riesgo de inundación.

Además, el planeamiento urbano en zonas fluviales debe basarse en los principios de conservación y sostenibilidad. La dinámica del cauce debe acercarse al régimen natural, ya que el planeamiento debe respetar las llanuras de inundación naturales, dividiendo el cauce en diferentes áreas (Ureña y Teixeira, 2004 [14]).

Por otra parte, las políticas urbanísticas deben combinarse con formación a la población en materia de riesgo de inundación, incrementando así la efectividad de las medidas adoptadas para la reducción del riesgo (Gago, 2005 [20]), basadas en la distribución restringida de usos del suelo y evitando la urbanización masiva en áreas potencialmente inundables.

11.1.6.2 Predicción de inundaciones

La predicción se basa en la estimación de la ocurrencia de un evento futuro empleando el conocimiento del medio ambiente y la recopilación de datos. Por ello, la predicción de avenidas es la estimación del desarrollo, tiempo y duración de una avenida, especialmente del caudal máximo, en un punto específico del cauce, ocasionada por fuertes precipitaciones y/o deshielo.

La predicción de inundaciones es una herramienta importante en la reducción del riesgo de inundación, ya que puede reducir considerablemente las consecuencias de la misma, combinada con adecuados sistemas de aviso y procedimientos de evacuación.

A su vez, puede ser una herramienta muy útil en la gestión de otras medidas estructurales y no estructurales. Por ejemplo, si se predice un evento de precipitación extremo en la cuenca, las presas existentes pueden gestionarse de tal forma que se reduzcan los impactos de la avenida aguas abajo, además de aportar tiempo suficiente para la instalación de barreras temporales en áreas urbanas.

El intervalo de tiempo de antelación es el margen existente desde que se predice el evento hasta que éste tiene lugar es vital para gestionar las medidas y se denomina tiempo de predicción o tiempo de aviso. Un tiempo de aviso mayor incrementa la efectividad de las medidas para evitar consecuencias; sin embargo, las predicciones con antelación presentan un menor grado de exactitud.

La predicción de inundaciones se compone de dos pasos. El primer paso consiste en la predicción meteorológica y se basa en el conocimiento científico y el uso de nuevas tecnologías para predecir el estado atmosférico a corto plazo y en un lugar determinado. El segundo paso se corresponde con la pre-caracterización de avenidas, considerando la situación meteorológica futura para predecir las inundaciones resultantes, mediante modelos hidrológicos. La combinación de ambas fases (en función de la cooperación entre las entidades responsables) es fundamental para la obtención de predicciones precisas.

11.1.6.3 Predicción meteorológica

La predicción meteorológica es la información necesaria para los modelos de pre-caracterización de avenidas y tiene el objetivo de predecir la inundación antes de que ocurra. Las principales metodologías existentes son (Bramer, 2010 [7]):

- Método de la persistencia: Es el método de predicción más sencillo. Este método asume que las condiciones atmosféricas no cambian en el tiempo, esto es, que las condiciones futuras serán las mismas que las actuales. Por tanto, es adecuado en lugares en los que los patrones atmosféricos no varían estacionalmente de forma importante.
- Método de las tendencias: Este método se basa en la determinación de la velocidad y dirección de centros de bajas y altas presiones, frentes y áreas de nubes, así como precipitación. Con dicha información, pueden predecirse dónde tendrán lugar ciertas características meteorológicas. Se emplea principalmente para predicciones de precipitación a corto plazo (varias horas).
- Método climatológico: Este método involucra el uso de promedios estadísticos de las variables atmosféricas, acumulados en varios años. Puede emplearse siempre que los patrones meteorológicos sean similares a los esperados en la fecha escogida, pero no son adecuados para eventos extremos.
- Método análogo: Este método analiza el escenario actual con el objetivo de relacionar el pronóstico con un día en el pasado, en el que el patrón fue similar (escenario análogo).
- Predicciones meteorológicas numéricas: Consisten en complejos programas informáticos que aportan información de numerosas variables meteorológicas como temperatura, presión, velocidad y dirección del viento o precipitación. Posteriormente, se analiza cómo estas variables interactúan para dar lugar al pronóstico actual. Dado que los modelos y la información de entrada no son totalmente precisos, debe considerarse la incertidumbre existente.

La incertidumbre en el proceso de predicción meteorológica varía en función del método empleado. Dado que siempre existe un determinado nivel de incertidumbre, debe analizarse y limitarse para gestionar y tomar decisiones de forma correcta.

11.1.6.4 Pre-caracterización de avenidas

Esta medida se centra en la estimación del instante de inicio y duración de una avenida, en un determinado punto, así como el hidrograma de la avenida, a partir de la información obtenida mediante predicción meteorológica. Estos sistemas estiman las características hidráulicas de la inundación para apoyar la gestión del riesgo frente a inundaciones.

En general, este método analiza cursos de agua superficial como ríos, arroyos o escorrentía superficial, mediante modelos hidráulicos e hidrológicos, para definir las características de la inundación en cada punto. Estos modelos son ampliamente utilizados, por ello se comprueba y predice el estado y caudal en ríos y arroyos de forma continua, permitiendo la predicción de avenidas en cualquier momento, lo que supone una herramienta muy adecuada para el proceso de toma de decisiones.

Estos modelos de pre-caracterización requieren de los siguientes datos de entrada (Moreno-Santaengracia et al, 2000 [36]):

- Datos físicos: Características de la cuenca, relieve, cauces, medidas estructurales existentes y áreas urbanas.
- Medidas meteorológicas: Información procedente de la red de estaciones meteorológicas (pluviómetros, anemómetros, etc.) para implementar características atmosféricas; especialmente, datos de precipitación.
- Datos de predicción meteorológica: Información procedente de pronósticos meteorológicos para la predicción de avenidas.
- Datos de aforo: Información obtenida de la red de aforos en cauces para predicción de avenidas.
- Procedimientos de gestión: Consideración del efecto de las actividades y procedimientos de gestión de infraestructuras en referencia a la predicción.

Además de los modelos hidrológicos, existen modelos marítimos que predicen el estado del mar, así como el régimen de mareas, lo que resulta una herramienta de gran utilidad para la reducción del riesgo de inundación de origen marítimo. Los eventos marítimos extremos se definen en general en función de la máxima altura de ola, lo que implica un alto tratamiento de datos, dado que las distribuciones de altura de ola pueden presentar grandes variaciones (Medina y Méndez, 2006 [34]). En este caso, se requieren mediciones meteorológicas específicas (por ejemplo, datos de presión y velocidad del viento), así como predicciones de la dinámica marítima.

En resumen, estos modelos deben verificarse y validarse con información procedente de la medición directa de diversas variables para corregir y calibrar los procesos a desarrollar, parámetros del modelo y resultados. Las limitaciones del modelo dependen de la exactitud de los datos de entrada y los parámetros empleados, no obstante, son una herramienta eficaz para la gestión de medidas estructurales y no estructurales, así como en la toma de decisiones.

11.1.6.5 Comunicación

La comunicación es una actividad fundamental en la reducción del riesgo de inundación. En general, pueden diferenciarse dos grupos de medidas de comunicación: por una parte, los procedimientos de comunicación general a la población en materia de riesgo de inundación, ya que aporta un mejor entendimiento del riesgo existente, además de facilitar el conocimiento de los procedimientos de actuación durante la inundación; por otra parte, la comunicación durante el evento de inundación se centra en el aviso a la población sobre la amenaza de carácter inminente, mediante la utilización de sistemas de alarma.

11.1.6.5.1 Comunicación general

La comunicación del riesgo debe ser un proceso continuo, basado en el desarrollo del conocimiento, así como en facilitar la información necesaria para aumentar el nivel de concienciación con respecto al riesgo existente, con el objetivo de alcanzar un mayor grado de responsabilidad pública.

La comunicación general se compone, principalmente, de formación a la población y se basa en la comunicación del riesgo existente en condiciones normales. De este modo, la población puede aprender cómo actuar en caso de inundación. Esta medida es especialmente importante para la población situada en áreas de elevado riesgo de inundación.

Un programa de formación a la población en materia de riesgo de inundación debe incluir, al menos, los siguientes puntos (Balmforth et al, 2006 [5]):

- Conceptos básicos de hidrología (por ejemplo, en lo referente a periodos de retorno).
- Conocimientos sobre eventos extremos e impacto del cambio climático.
- Comprensión de la efectividad y sostenibilidad de las medidas estructurales existentes, dado que su diseño para avenidas de elevados periodos de retorno no resulta eficiente en términos de coste/beneficio.
- Conocimiento sobre minimización y control del riesgo de inundación.
- Procedimientos de actuación antes, durante y después de la inundación.

De este modo, si los aspectos anteriores se tienen en cuenta para la comunicación del riesgo a la población y se llevan a cabo correctamente, las consecuencias de la inundación pueden reducirse

notablemente (principalmente, en número de víctimas) gracias a la consecución eficaz de los procedimientos de evacuación.

Comunicación durante el evento de inundación: Sistemas de alarma

Los sistemas de alarma (o aviso) se centran en el aviso a la población de un inminente evento de inundación. Un sistema adecuado, junto con actividades de formación a la población, puede reducir significativamente el número de víctimas, ya que son una herramienta fundamental para iniciar y desarrollar los procedimientos de evacuación.

Los sistemas de aviso deben iniciarse en el momento en el que los pronósticos predicen un evento de importantes consecuencias o bien un fallo estructural a corto plazo. Fuerzas de seguridad e instituciones gubernamentales encargadas de la gestión de emergencias [35] deben definir el inicio y términos del proceso de evacuación, a partir de las indicaciones recogidas en los planes de emergencia. Para ello, se establecen diferentes niveles de emergencia en función de la probabilidad de ocurrencia y de la potencial magnitud de la inundación.

El aviso a la población en riesgo puede efectuarse de forma directa, a través de la percepción de la amenaza (por ejemplo, por un aumento del nivel del agua en el cauce), o bien indirectamente a partir de otras fuentes, como (Jonkman, 2007 [25]):

- Medios de comunicación: radio, Internet, televisión, etc.
- Sistemas de alerta: altavoces, bando, sirenas, etc.
- Difusión individual: personal de emergencias, fuerzas de seguridad, redes sociales, etc.
- Otros sistemas: llamadas de teléfono, mensajes de texto, etc.

La efectividad de los sistemas de aviso varía para cada una de las fuentes citadas anteriormente y, en general, viene determinada por el nivel de preparación y las posibilidades de comunicación entre autoridades y población, así como por el tiempo de aviso disponible y las propias características del sistema.

11.1.6.6 Movilización

Los procedimientos de movilización incluyen las acciones llevadas a cabo por fuerzas de seguridad y servicios de emergencia para la reducción de las consecuencias, como por ejemplo, los procesos de evacuación. Estos procedimientos se clasifican en tres categorías en función del tiempo disponible para la evacuación (Jonkman, 2007 [25]):

- Evacuación preventiva: Con anterioridad al inicio del evento de inundación. Por ejemplo, en un área inundable, antes de la progresión de una brecha en un dique.
- Evacuación forzosa: Durante el desarrollo de la inundación. Por ejemplo, hacia un área en la que la población no esté expuesta a los efectos físicos del evento.

- Huída: Desplazamiento de la población existente, en un área expuesta, afectada por los efectos de un evento inminente (por ejemplo, reducción de la estabilidad y de la capacidad para caminar por aumento del nivel del agua en las calles).

Los niveles de organización varían en función de la categoría. En el primer caso, la precaracterización de la avenida con anterioridad permite la comunicación y aviso con antelación, lo que da lugar a un menor número de víctimas. Sin embargo, en el tercer caso, la movilización se efectúa de una forma menos organizada lo que puede dar lugar a un mayor número de víctimas.

Los planes de evacuación en áreas de alto riesgo de inundación definen los procedimientos a seguir y el papel de cada agente interviniente: fuerzas de seguridad, autoridades y servicios de emergencia (FEAT, 1997 [19]). La efectividad de la evacuación depende de la propia efectividad de los sistemas de aviso y del tiempo disponible para llevar a cabo la evacuación antes de que el evento de inundación tenga lugar.

Además de los procedimientos de evacuación, la instalación de barreras temporales puede reducir considerablemente las consecuencias de la inundación, lo que impide la entrada de agua en áreas urbanas y refuerza las medidas estructurales existentes. La efectividad de dichas barreras es función del tiempo disponible para su colocación, de una adecuada planificación y de la disponibilidad de personal y materiales (por ejemplo, sacos de arena, bloques, etc.).

11.1.6.7 Coordinación y procedimientos de operación

El objetivo principal de las medidas de coordinación se centra en la mejora de la comunicación entre diferentes organizaciones y agentes intervinientes con un papel de relevancia en la gestión del riesgo de inundación.

Estas medidas pueden clasificarse en dos grupos: el primer grupo comprende las medidas generales que facilitan la coordinación entre agentes, desarrollando planes de emergencia y estrategias para reducir el riesgo, incluyendo, también, las prácticas o reglas de operación a ejecutar; el segundo grupo recoge las medidas para una coordinación adecuada durante la emergencia, mejorando la efectividad de otras medidas no estructurales.

11.1.6.8 Procedimientos para la coordinación general

Algunos de los principales objetivos de estas medidas son: definir los procedimientos a seguir durante la inundación y el papel de fuerzas de seguridad y de la Administración; posibilitar la coordinación entre administraciones para la toma de decisiones con el fin de reducir el riesgo, y evitar medidas contradictorias procedentes de diversos organismos.

Estas medidas dependen en gran medida de la estructura de la administración correspondiente, de la legislación existente, así como de instituciones y agentes intervinientes en cada área. Por ello,

no pueden establecerse recomendaciones específicas en materia de coordinación. No obstante, se enumeran en este punto algunos ejemplos:

- Organismos para la gestión del riesgo de inundación (COPUT, 2002 [11] y DEFRA, 2009 [15]): Creación de un organismo específico para la gestión y reducción del riesgo de inundación, con representación de todas las instituciones y agentes intervinientes.
- Planes de gestión del riesgo de inundación (PGRI) [4]: La Directiva Europea 2007/60/EC [18] establece la obligación de desarrollar planes de gestión del riesgo de inundación (PGRI) para fijar objetivos para la reducción del riesgo de inundación y coordinar administraciones.
- Planes de emergencia (COPUT, 2002 [11]): Definen los procedimientos a llevar a cabo durante la catástrofe y el papel de cada fuerza de seguridad para reducir consecuencias. Pueden establecerse para el fallo de una medida estructural o en el caso de emergencias de inundación de carácter general.

Las actividades de coordinación pueden mejorar la efectividad del resto de medidas estructurales y no estructurales, además de reducir el riesgo notablemente.

Procedimientos para la coordinación durante el evento de inundación

Las medidas de coordinación durante el evento de inundación proporcionan una comunicación eficaz entre agentes, un funcionamiento correcto de los sistemas de aviso y de los procedimientos de evacuación.

Debe establecerse una jerarquía determinada para la gestión de emergencias con el fin de mejorar los resultados de las medidas existentes. A continuación se muestran algunas de las principales relaciones de coordinación que pueden definirse entre diversas de las medidas descritas anteriormente:

- Predicción meteorológica y pre-caracterización de avenidas: Deben enviarse pronósticos meteorológicos de forma continua a las agencias encargadas de la realización de los modelos de pre-caracterización para disponer de mayores tiempos de aviso.
- Pre-caracterización de avenidas y sistemas de alerta: Una coordinación adecuada entre entidades permite la notificación del aviso a la población con suficiente antelación.
- Sistemas de alerta y procedimientos de evacuación: Los sistemas de aviso deben alertar a las fuerzas de seguridad para iniciar los procedimientos de evacuación de la población en riesgo, tan pronto como sea posible, en un inminente evento de inundación.

En resumen, una coordinación eficaz entre las entidades responsables de las medidas a efectuar, antes y durante la inundación, puede incrementar el tiempo de aviso disponible para movilizar a la población, reduciendo las consecuencias de la misma y, por tanto, el riesgo.

11.1.6.9 Seguros e indemnizaciones

La rápida recuperación tras la inundación es fundamental y requiere de la existencia de esquemas apropiados de indemnización y seguros.

Por una parte, los seguros incluyen la distribución de riesgos y pérdidas entre un elevado número de personas. Un sistema de seguros adecuado puede reducir notablemente las consecuencias indirectas de la inundación, de modo que las pérdidas económicas pueden cubrirse rápidamente para reestablecer la situación previa. En países desarrollados, las aseguradoras son el principal mecanismo para financiar las pérdidas producidas por una catástrofe, como es un evento de inundación (Kovacs, 2001 [29]), asignando cuotas superiores a las propiedades ubicadas en zonas potencialmente inundables para obtener compensaciones tras la inundación.

Por otra parte, las indemnizaciones se emplean para compensar las pérdidas no cubiertas por los seguros. El sistema para la asignación de indemnizaciones se basa en la contribución solidaria y el voluntariado, así como en la asistencia procedente del gobierno central y de la ayuda internacional.

Ambos mecanismos deben planearse con anterioridad a la inundación para facilitar el restablecimiento del empleo, ayudar a las víctimas a reparar los daños producidos y recuperar su vida normal tras la inundación (Kundzewicz, 2001 [31]).

11.1.6.10 Medidas no estructurales y riesgo de inundación

Las medidas no estructurales son métodos eficientes y sostenibles para la reducción del riesgo de inundación. Sin embargo, siempre existe un riesgo residual, cuyo valor depende de la funcionalidad y fiabilidad de dichas medidas:

- La funcionalidad define la máxima reducción posible, en términos de consecuencias, por limitaciones de la propia medida. Como ejemplo, en algunas ocasiones, los sistemas de aviso y los procedimientos de evacuación no llegan a movilizar a toda la población en riesgo.
- La fiabilidad define la posibilidad de que ocurra un fallo en la estructura o en los procedimientos a seguir. Por ejemplo, puede producirse un error en el sistema de aviso o bien un fallo en los modelos de pre-caracterización de avenidas, de modo que no se obtiene la reducción en las consecuencias de inundación que sería esperable.

12 COMPONENTE ESTRATÉGICO Y PROGRAMÁTICO

12.1 OBJETIVOS

- Identificar las áreas potenciales a ser afectadas por inundaciones con el fin de formular acciones para la prevención y mitigación del riesgo por inundación
- Proveer una herramienta que facilite la toma de decisiones para la gestión de riesgo en el municipio de Moniquirá
- Identificar los posibles daños y pérdidas que se pueden generar con el fenómeno de inundación para zonas de mayor grado de vulnerabilidad

12.2 PROGRAMAS Y ACCIONES (MEDIDAS DE MITIGACION)

En el plan municipal de gestión del riesgo del municipio de Moniquirá, ya existen algunos programas y planes de acción para la reducción y del riesgo.

TABLA 63. Medidas de reducción de la amenaza:

MEDIDAS DE CONOCIMIENTO DEL RIESGO	
Identificación de medidas tendientes a conocer de la manera más detallada posible las condiciones de riesgo de este escenario, así como la identificación, especificación y diseño de las medidas de intervención destinadas a reducir el riesgo y a prepararse para la respuesta a emergencias y recuperación.	
Estudios de análisis del riesgo:	Sistemas de monitoreo:
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Actualización periódica del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de desastres del municipio ✓ Ajuste de la Estrategia Municipal de Respuesta a Emergencias (EMRE) ✓ Cumplimiento del decreto 1077 de 2015 sección 3. ✓ Ajuste y revisión del PBOT del Municipio. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistema de observación por parte de la comunidad. ✓ Revisión y actualización sectorial (cada uno de los sectores que tengan que ver con el desarrollo e implementación de políticas nacionales en el municipio)
Medidas especiales para la comunicación del riesgo:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Concientización en la comunidad acerca de la identificación y conocimiento de los escenarios de riesgo asociados a su entorno vivencial ✓ Reuniones con líderes de Junta de acción comunal para empoderar y fortalecer las relaciones entre comunidad y administración municipal ✓ Elaborar mensajes clave en los medios de comunicación hablado, escrito, redes sociales, internet, acerca de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inundación. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reuniones de sensibilización a comunidades frente a las amenazas por inundación, de acuerdo con los escenarios estimados como vulnerables. ✓ Reuniones ampliadas del CMGRD con las comunidades que se podrían ver afectadas por el inminente riesgo a inundación.

MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO – INTERVENCIÓN CORRECTIVA (riesgo actual)		
Medidas tendientes a reducir o controlar las condiciones actuales de riesgo, es decir medidas correctivas o compensatorias. Su identificación se basa en la consideración de las causas anteriormente descritas y el análisis prospectivo (a futuro). Identificar el mayor número posible de medidas alternativas		
ESTIMACIÓN	MEDIDAS ESTRUCTURALES	MEDIDAS NO ESTRUCTURALES
Medidas de reducción de la amenaza:	<ul style="list-style-type: none">✓ Limpieza y dragado de ríos, quebradas.✓ Adecuación hidráulica de cauces.✓ Recuperación de retiros y rondas hidráulicas.	<ul style="list-style-type: none">✓ Organización de comités de ayuda mutua en sectores industriales.✓ Concienciación de las comunidades acerca de la importancia del buen uso y preservación del recurso hídrico.
Medidas de reducción de la vulnerabilidad:	<ul style="list-style-type: none">✓ Mejorar las prácticas agrícolas controlando la ampliación de la frontera agrícola. Control en el aporte de residuos sólidos y líquidos a fuentes hídricas.	<ul style="list-style-type: none">✓ Educación básica y media en contexto con el territorio✓ Educación ambiental.✓ Divulgación pública sobre las condiciones de riesgo✓ La definición de programas de mantenimiento y limpieza de cauces y sistemas de drenaje.✓ Implementación sistemas de monitoreo, emergencia y contingencia.
Medidas de efecto conjunto sobre amenaza y vulnerabilidad:	<ul style="list-style-type: none">✓ Capacitación y organización de la comunidad.✓ Reducción de riesgos en diseños de obras de drenaje para evitar inundaciones.	
Otras medidas:		
<ul style="list-style-type: none">✓ Intervención en la comunidad mediante capacitaciones en planes comunitarios de emergencias, plan familiar de emergencias realización de simulaciones y simulacros para generar conciencia del riesgo.✓ Implementar acciones para que las comunidades no habiten en zonas de riesgo, ni en zonas o franjas de protección.✓ Liderar desde el Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres la implementación de los procesos de la gestión del riesgo bajo un enfoque de sostenibilidad territorial, auspiciada bajo los principios de mitigación y reducción del riesgo.✓ Constitución de póliza o fondo especial para el aseguramiento de edificaciones e infraestructura pública y propender por el aseguramiento del sector privado.✓ La definición de programas de mantenimiento y limpieza de cauces y sistemas de drenaje.		

MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO - INTERVENCIÓN PROSPECTIVA (riesgo futuro)		
<p>Medidas tendientes a evitar que a partir de la situación actual de escenarios en condición de riesgo, se materialicen por la no actuación oportuna e indiferencia de los diferentes actores municipales.</p> <p>La identificación de estas medidas se hace considerando las causas anteriormente descritas y el análisis prospectivo.</p> <p>En cada grupo de medidas se consideran de manera diferenciada acciones que contrarresten las causas de fondo e inmediatas en la materialización del riesgo.</p>		
	Medidas estructurales	Medidas no estructurales
Medidas de reducción de la amenaza:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reglamentación del uso del suelo. ✓ Prácticas agrícolas que controlen la erosión y sedimentación. ✓ Construcción de obras de drenaje y protección de cauces ✓ Definición de obras de adecuación hidráulica, protección de márgenes, ✓ Ajustar e implementar el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado municipal. ✓ Definir e implementar los sistemas de recolección de aguas residuales y aguas lluvias. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Monitoreo al comportamiento hidrológico de las diferentes fuentes hídricas, con participación activa de la comunidad en general. ✓ Implementación de las políticas de reducción del riesgo formuladas desde la institucionalidad estatal. ✓ Formular e implementar el Plan de Ordenación y Manejo de fuentes hídricas, en especial las inherentes al casco urbano.
Medidas de reducción de la vulnerabilidad:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Educación Ambiental. ✓ Capacitación y organización de la comunidad. ✓ Destinación de los recursos físicos, financieros y humanos, necesarios para la reducción del riesgo por inundación. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presupuestos participativos con la actuación estatal a todos los niveles; bajo el acompañamiento y orientación de Corpoboyacá y UDGRD. ✓ Educación ambiental. ✓ Capacitación y organización de la comunidad
Medidas de efecto conjunto sobre amenaza y vulnerabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La realización del inventario de edificaciones y caracterización físico-estructural, localizadas en áreas de amenaza, y en especial las ubicadas dentro del área de ronda del sistema hídrico urbano ✓ Diseño, y construcción de obras hidráulicas de protección contra inundación. ✓ Construcción de muros de contención, diques y/o jarrillones en zonas ribereñas críticas. ✓ Implementación de los procesos de la gestión del riesgo bajo un enfoque territorial. ✓ Formular e implementar el Plan de Ordenación y Manejo de fuentes hídricas, en especial las inherentes al casco urbano. ✓ La definición de programas de mantenimiento y limpieza de cauces y sistemas de drenaje ✓ Fortalecimiento del Sistema Municipal para la gestión de riesgo de desastres. 	

MEDIDAS PARA EL MANEJO DEL DESASTRE	
<i>Identificación de requerimientos específicos de preparación para la respuesta y para la recuperación, derivados del presente escenario de riesgo.</i>	
<p>Medidas de preparación para la respuesta:</p> <p><i>(Identificación de requerimientos específicos de preparación para la respuesta derivados del presente escenario de riesgo).</i></p>	<p>✓ Preparación para la coordinación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Formulación e implementación de la Estrategia Municipal de Respuesta - Capacitación en administración de desastres y emergencias para la administración municipal y entidades operativas. - Capacitación en SCI a entidades operativas <p>✓ Sistemas de alerta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Crear un sistema de alertas sobre por creciente e inundación sobre los ríos y quebradas que circundan las zonas afectadas. <p>✓ Capacitación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacitación en respuesta a emergencias para integrantes de las entidades de socorro y operativas. - Conformación de brigadas de emergencia Comunitarias como primeros respondientes. <p>✓ Equipamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimiento del sistema de comunicaciones de emergencias del municipio - Adquisición de equipos, herramientas y materiales para la respuesta a emergencias. - Fortalecimiento de capacidad de respuesta de las entidades operativas <p>✓ Albergues y centros de reserva:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación de lugares para albergue lo que fortalecerá la estabilización social. - Conformación de un centro de reserva para respuesta a emergencias <p>✓ Entrenamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entrenamiento y capacitación en administración de desastres y emergencia los integrantes del CMGRD. - Fortalecimiento de la capacidad de respuesta de la administración municipal y entidades operativas del municipio - Capacitación inter institucional en gestión de riesgo de desastres - Capacitación comunitaria en preparativos para emergencias y desastres.
<p>Medidas de preparación para la recuperación:</p> <p><i>(Identificación de requerimientos específicos de preparación para la recuperación derivados del presente escenario de riesgo).</i></p>	<p>✓ Preparación de los integrantes del CMGRD y entidades operativas en Evaluación de daños y análisis de necesidades EDAN.</p> <p>✓ Conformación de redes de apoyo para rehabilitación de servicios públicos.</p> <p>✓ Preparación para la recuperación psicosocial</p> <p>✓ Fortalecimiento del Fondo Municipal para la Gestión de Riesgo de Desastres con la adición de más presupuesto pensando en la recuperación.</p>

Fuente: Plan municipal Moniquirá

MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO - PROTECCIÓN FINANCIERA

Medidas tendientes a compensar la pérdida económica por medio de mecanismos de seguros u otros mecanismos de reserva para la compensación económica. Identificación de elementos expuestos asegurables.

- ✓ Aseguramiento en el sector público mediante la constitución de una póliza para el aseguramiento de edificaciones e infraestructura pública.
- ✓ Constitución de pólizas colectivas e individuales de aseguramiento de sectores productivos.
- ✓ Constitución de pólizas colectivas e individuales para el aseguramiento de viviendas urbana y rural

Fuente: Plan municipal Moniquirá

13 CONCLUSIONES

Si bien el Decreto 1807 de 2014 agrupa a las avenidas torrenciales, los incendios forestales, los movimientos en masa e inundaciones como elementos esencialmente amenazantes a considerar en los ajustes a los Ordenamientos Territoriales; éste estudio pretende constituirse en un punto de partida para la Delimitación y Zonificación de Amenazas y Escenarios en condición de Riesgo que por Inundación se puedan generar en el municipio de Moniquirá inmerso en el objeto contractual del Convenio Interadministrativo suscrito entre la Gobernación de Boyacá y la UPTC, limitando su profundidad cognoscitiva al alcance propuesto en el anteproyecto formulado por los autores, sin ceñirse a una guía o metodología específica o el llegar a desatender las propuestas técnicas que a la fecha se han formulado.

El análisis y estimación de las diversas metodologías citadas en el presente estudio, permiten considerar su aceptable aplicabilidad en áreas de inminente riesgo de las que se posee poca información. Así mismo, se puede estimar que la “recurrencia de emergencias y desastres demuestra que las políticas públicas municipales para la gestión del riesgo deben fortalecerse y orientarse no sólo a la atención sino, prioritariamente, a la prevención”.

Para el caso puntual de Moniquirá, se considera pertinente el adelantar estudios detallados sobre los potenciales riesgos especialmente por inundación, enfocados a la ordenación del territorio y desarrollo urbanístico municipal.

Las situaciones de emergencia suscitadas en el casco urbano del municipio de Moniquirá, dejan entrever fallas en la gestión del riesgo y la no implementación de las políticas de mitigación que frente a este fenómeno se imparten desde el orden nacional y departamental.

La emotividad urbanística desarrollada en rondas de protección hídrica y sin la aplicabilidad de normas urbanísticas, sustentan la inexistente estructuración de alternativas de corto, mediano y largo plazo para enfrentar tanto los ciclos hidrológicos como los mismos procesos de urbanización (en su mayoría ilegales).

La urbanización en zonas inundables se explica en principio, por la indiferencia ante el inminente riesgo que por inundación se encuentran expuestas estas zonas; no siendo aceptable a criterio particular de los autores el considerar “como causa probable” la pobreza o escasez de recursos económicos o la falta de alternativas de vivienda.

Es probable el considerar que la cartografía, información de mapas temáticos y estudios técnicos inherentes a la delimitación y zonificación de la amenaza y escenarios en condición de riesgo por inundación con los que cuenta la administración municipal de Moniquirá; no han sido valorados técnicamente por los tomadores de decisiones al momento de adelantar o licenciar proyectos urbanísticos en zonas de ronda de protección hídrica o en áreas próximas a éstas.

Más allá de saber que el agua es el común denominador y regulador de diversos procesos de erosión, socavación, encharcamiento e inundación; territorialmente no se ha liderado respuesta alguna que contrarreste la degradación de los suelos que por los ciclos hidrológicos se debería atender desde la misma ingeniería y que con la ayuda de mecanismos biotecnológicos se debieran implementar en pro de mejorar la capacidad de cuidado y preservación de las subcuencas y el reacomodamiento de los asentamientos en rondas de protección.

Si bien la nación ha venido aunando esfuerzos en la implementación y ajuste de las políticas de conocimiento, reducción y actuación en la gestión del riesgo de desastres; es preciso continuar avanzando en la apreciación teórica sobre los ciclos del agua y su interacción con los entes natural y antrópico.

La delimitación y zonificación de la amenaza y escenarios en condición de riesgo de desastres, se constituyen en el soporte técnico lo suficientemente valedero para la adopción de medidas apropiadas y oportunas de adaptación a un ambiente de cambio continuo, predicciones y acciones encaminadas a la reducción, mitigación y manejo, de la situación amenazante analizada en este estudio.

Es necesario que la administración municipal adelante la realización de estudios específicos de hidrología, hidráulica y socavación en sectores puntuales de puentes y pasos elevados que se encuentran en el área urbana del municipio de Monquirá; ya que perceptivamente se identifica que éstos ante un evento de creciente súbita, hidráulicamente no estarían en condición de contrarrestar una eventual falla estructural.

14 RECOMENDACIONES

De no posibilitarse el traslado de quienes residen en la ronda de protección de fuentes hídricas, se debe a través de los estudios pertinentes, el implementar obras de protección contra inundación que permitan salvaguardar vidas y bienes estructurales.

De la mano de la administración municipal, grupos de socorro y la oficina departamental para la prevención y atención, entre otros; el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres debe liderar un trabajo denodado de concientización y reflexión con la comunidad, respecto a la amenaza y riesgo al que están expuestos los residentes de rondas hídricas y de protección de cauces.

Catalogar las zonas de amortiguamiento como Suelo de Protección Ambiental. Ya que éstas permiten mitigar los efectos ante eventos y fenómenos de inundación.

Según el PBOT 2013, se define como Suelo de Protección Ambiental una franja de 60 metros de ancho a lo largo del cauce, por lo cual este estudio recomienda que la administración municipal tome acciones para la recuperación de esta franja, y que además, para futuros proyectos de urbanización y/o construcción se respete las zonas naturales de inundación.

No se debe considerar que toda acción correctiva bien sea de carácter estructural o no estructural, eliminará por completo la situación de riesgo por inundación. Es preciso estimar la existencia permanente “del riesgo residual”.

Adquirir una mayor dinámica y efectividad de actuación emprendida en los distintos niveles del Estado en virtud de las situaciones suscitadas por inundación en el municipio de Moniquirá.

Limitar el que meandros y humedales sigan siendo utilizados como terrenos adecuados para proyectos urbanísticos y hacer efectiva la normatividad jurídica en la prohibición absoluta de ocupación y/o utilización de áreas de protección y rondas hídricas.

Es importante señalar que es necesario realizar un análisis más detallado de todos los establecimientos de atención de emergencias considerados como esenciales para la respuesta efectiva en situaciones de desastres; realizando periódicas inspecciones técnicas que permitan identificar las falencias y/o debilidades, con el fin de formular y adelantar las respectivas medidas correctivas específicas para la superación de su vulnerabilidad. La recomendación se extiende a los lugares de concentración pública.

Que la administración departamental continúe con la realización de este tipo de estudios que sin duda benefician a la comunidad. De igual forma el que la UPTC mantenga su apoyo incondicional a que tesis y practicantes, sean partícipes de tan trascendentales proyectos.

15 BIBLIOGRAFÍA

- BOYACARADIO.COM. (2016). Inundación por lluvias afectó habitantes de Moniquirá. *climate-data.org*. (s.f.). Recuperado el 13 de Febrero de 2018, de <https://es.climate-data.org/location/27786/>
- E., J. D. (6 de Mayo de 2016). *Soluciones para zonas inundables en Colombia*. Recuperado el 2018, de El Universal: <http://www.eluniversal.com.co/colombia/soluciones-para-zonas-inundables-en-colombia-225180>
- GESIG. (2011). Metodología para la evaluación de susceptibilidad por inundación (Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG). *Estudios sobre Geografía y Analisis Espacial con Sistemas de Informacion Geografica*.
- Gobernacion de Boyaca. (Junio de 2012). *Gobernacion de Boyaca, Aspectos Geográficos*. Obtenido de <http://www.boyaca.gov.co/prensa-publicaciones/mi-boyac%C3%A1/aspectos-geograficos>
- Gutiérrez, H. J. (Ed.). (s.f.). *Densidad de Drenaje*. Recuperado el 5 de Mayo de 2018, de SCRIBD: <https://es.scribd.com/doc/143222614/Densidad-de-Drenaje>
- IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua ENA*. Bogotá .
- IGAC. (s.f.). *Metodología de Zonificación Ambiental de Cuencas Hidrográficas* .
- Ingeniería OSPAM. (2015). *Proyecto diseño de muros de contención*. Moniquirá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. (2017). *Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundaciones*. Bogotá: Bogotá, D.C.
- Invias . (2008). *Manual De Drenaje de Carreteras*. Bogotá .
- Minambiente. (2013). *Guía tecnica para la formulacion de los planes de ordenacion y manejo de cuencas hidrograficas POMCAS*. Minambiente.
- Ministerio de vivienda, c. y. (19 de Septiembre de 2014). Decreto 1807. *Diario Oficial No. 49.279*. Colombia.
- Olga Lozano Cortijo. (2008). *METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO ANTE INUNDACIONES Y SISMOS DE LA EDIFICACIONES EN CENTROS URBANOS*. Peru: PREDES PERU.
- PBOT Moniquira. (2013). *Plan Basico de Ordenamiento Territorial Moniquirá Boyacá*. Moniquira: Alcaldia Moniquira.
- POT Moniquira. (2013). *Plan de Ordenamiento Territorial Moniquirá Boyacá Diagnostico Fisico Biotico*. Moniquira.
- Renzoni, G. (1968). Geología del Macizo de Quetame. *BDIGITAL PORTAL DE REVISTAS UN*.
- Serna, F. E. (1968). El Sistema Cretáceo en la región de Villa de Leiva y zonas próximas. *bdigital portal de revistas UN*.
- Servicio Geologico Colombiano. (2012). , *Propuesta metodológica para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000*. Bogota: SGC.
- Universidad Politecnica de valencia. (2010). *METODOLOGÍA SUFRI; Strategies of Urban Flood Risk Managenement*. Valencia.
- Vargas m.r., diaz-granados o.m., Universidad de los Andes, “*Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia*”, Santafé de Bogotá, 1998.